



Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira

v.4 2020

**Ciência, Desenvolvimento e Inovação
na Engenharia e Agronomia Brasileira
v.4**

C4902 Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira v.4/ Organizadores: Francisco et al.

— Campina Grande: EPGRAF, 2020.
160 f.: il. color.

ISBN: 978-65-86474-00-8

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Ribeiro, George do Nascimento. III. Medeiros, Paulo da Costa. IV. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável. Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.

Créditos de Imagens da Capa

Freepick.com

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UEPB)
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
George do Nascimento Ribeiro
Paulo da Costa Medeiros
(Organizadores)

**Ciência, Desenvolvimento e Inovação
na Engenharia e Agronomia Brasileira**
v.4



Realização

**Portal Tecnológico
de Divulgação Científica**
Eventos, Pesquisas e Inovação



Apoio



Universidade Federal
de Campina Grande



Universidade Fernando Pessoa
www.ufp.pt



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE ALAGOAS



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ



Prefeitura de
Fernandópolis



UFRRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DO RIO DE JANEIRO



UFRRN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE



CEULP/ULBRA
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

SUMÁRIO

Capítulo 1	6
<i>ENVELHECIMENTO ACELERADO EM SEMENTES DE PARICÁ</i>	6
Capítulo 2	18
<i>DELIMITAÇÃO MORFOMÉTRICA E DETERMINAÇÃO DO CURVE NUMBER DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO, PALMAS – TO</i>	18
Capítulo 3	29
<i>PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO COALHO CAPRINO CONDIMENTADO COM MARMELEIRO</i>	29
Capítulo 4	37
<i>PROPORÇÃO E CORRELAÇÃO DE ÍONS COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SERRA DA BORBOREMA-PB</i>	37
Capítulo 5	52
<i>ERVA BALEEIRA NA AGRICULTURA FAMILIAR: CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA</i>	52
Capítulo 6	59
<i>UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DAS TICS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR (IES) DA CIDADE DE BELÉM DO PARÁ POR COORDENADORES, PROFESSORES E ALUNOS</i>	59
Capítulo 7	70
<i>Trichoderma ssp. COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO DE MUDAS DE MAMÃO</i>	70
Capítulo 8	75
<i>AÇÃO DOS HERBICIDAS GLIFOSATO E SULFENTRAZONE SOB Trichoderma spp.</i>	75
Capítulo 9	82
<i>PRODUÇÃO DE ESPOROS E VIABILIDADE DE CONÍDIOS DE Trichoderma EM DOIS SUBSTRATOS</i>	82
Capítulo 10	89
<i>CALIBRAÇÃO DE UM SISTEMA DE CHUVA SIMULADA POR DIÂMETRO DA GOTA PELO MÉTODO DA FARINHA E COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE</i>	89
Capítulo 11	95
<i>ALELOPATIA DAS PARTES AÉREAS DE PLANTAS DE JURUBEBA SOBRE A GERMINAÇÃO DE PLÂNTULAS DE SOJA</i>	95
Capítulo 12	106
<i>PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE MATA ATLÂNTICA</i>	106
Capítulo 13	116
<i>ESTUDO DA ANÁLISE MODAL EM PONTES</i>	116
Capítulo 14	126
<i>SISTEMA INTEGRADO DE MONITORAMENTO DE PRODUTOS ARMAZENADOS EM SILOS (SimSilo)</i>	126
Capítulo 15	140
<i>CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL, MICROBIOLÓGICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE COOKIES ELABORADOS COM CASCA DE KIWI</i>	140
Capítulo 16	146
<i>MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM APLICADA AO PIMENTÃO AMARELO ORGÂNICO</i>	146
Capítulo 17	152
<i>SUBSTÂNCIAS HÚMICAS SOB DIFERENTES APORTES DE PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM ARGISSOLO AMARELO EM LINHARES (ES)</i>	152
Curriculum dos Organizadores	160

Capítulo 1

ENVELHECIMENTO ACELERADO EM SEMENTES DE PARICÁ

Sara Souza de Jesus de Oliveira¹
Bruna Nascimento Vicenzott²
Poliana da Silva Araújo³
Vanessa Mayara Souza Pamplona⁴
Bárbara Rodrigues de Quadros⁵

¹Engenheira Florestal, UFRA, Paragominas-PA, sara.jesus0303@gmail.com

²Engenheira Florestal, UFRA, Paragominas-PA, bruna.nascimento.vicenzott@hotmail.com

³Engenheira Florestal, UFRA, Paragominas-PA, pollyaraujopgm@gmail.com

⁴Estatística, Docente, UFRA, Paragominas-PA, vanessamayara2@gmail.com

⁵Engenheira Agrônoma, Docente, UFRA, Paragominas-PA, barbaraunesp@yahoo.com.br

Introdução

A implantação de atividades, como o reflorestamento, tem contribuído para a ampliação da disponibilidade de madeira no mercado. No Brasil as espécies florestais nativas são pouco cultivadas para fins comerciais, sendo predominante nas regiões norte a sul do país, os plantios de espécies exóticas como do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Um fator para esse acontecimento é a escassez de estudos em relação as espécies florestais nativas, sendo necessário, portanto, o desenvolvimento de pesquisas que abordem à produção em grande quantidade e qualidade de mudas (BRITO et al., 2017).

Atualmente o interesse de plantar espécies florestais nativas são para fins de recuperação de áreas degradadas, ou então, em sistemas agroflorestais por produtores rurais como fonte de renda. O Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), conhecido popularmente como pinho-cuiabano, bandarria, dentre outros nomes comuns, é nativo da região amazônica (BUTZKE et al., 2018), encontrada nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Rondônia e Acre, ocorrendo também na Mata Atlântica (Santa Catarina à Bahia) (CORDEIRO et al., 2015).

A espécie tem se tornado de interesse para os produtores rurais e madeireiros, principalmente no estado do Pará, em virtude do rápido crescimento da planta e do uso da madeira para a produção de laminados o que agrega valor econômico a mesma (SILVA & SALES, 2018). Por outro lado, o Paricá vem apresentando resultados promissores em plantio de enriquecimento de clareiras florestais, e também vem sendo utilizado de forma experimental para aumentar a produção de madeira em florestas degradadas (SANTOS et al., 2018).

Em razão de suas características fisiológicas e morfológicas, bem como sua importância econômica, esta espécie tem sido recomendada para recuperação de áreas degradadas e na formação de plantios comerciais. Por essa razão, tem aumentado consideravelmente a demanda por mudas uniformes e de qualidade (SHIMIZU et al., 2011).

Apesar de existir demanda por plantios comerciais com as espécies nativas, ainda são escassos os estudos em torno da qualidade das sementes dessas espécies. A qualidade de uma semente é um dos suportes fundamentais para um empreendimento florestal, pois uso de sementes vigorosas assegura o estabelecimento de uma população adequada de plantas, mesmo sob condições estressantes (HENNIGEN et al., 2015).

A avaliação do vigor de sementes é de fundamental importância para o controle da qualidade, em um programa de produção de sementes (BARBIERI, 2012) e pode ser determinado através dos diversos testes de vigor existentes. O Envelhecimento Acelerado (EA) tem sido um relevante teste de vigor, em virtude da sua precisão e sensibilidade em detectar índices de vigor em um dado lote de sementes (PEREIRA et al., 2015).

O teste de EA consiste na submissão de sementes a condições adversas controladas em laboratório, com altas temperaturas e umidade relativa do ar elevada durante certo período. Dessa forma, este teste simula as condições ambientais, aumentando assim o grau de deterioração das sementes (MORAES et al., 2016).

A diferença na absorção de água pelas sementes é um fator bastante relevante no teste de envelhecimento acelerado, pois, quando expostas a alta umidade relativa em períodos

prolongados podem ocorrer grandes oscilações no teor de umidade destas sementes (MONTEIRO et al., 2017). Nessa perspectiva, metodologias alternativas, como por exemplo, a utilização de soluções salinas no lugar da água, têm sido estudadas, com intuito de melhorar a condução do teste de envelhecimento acelerado.

De modo geral, ainda são poucos os trabalhos realizados utilizando testes de envelhecimento acelerado para avaliação de vigor em sementes de espécies florestais. Diante disto, este trabalho tem por objetivo analisar a influência do teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional e com solução salina no vigor e qualidade fisiológica de sementes *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Paragominas. Ocorreu em duas etapas, de acordo com a metodologia proposta por Delouche e Baskin (1973), adaptada por Marcos-Filho (1999) empregada para o envelhecimento acelerado, segundo o método tradicional e utilizando solução salina.

A espécie utilizada foi a *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, sendo as sementes coletadas de diferentes matrizes no município de Ouro Preto do Oeste/RO. As sementes passaram pelo processo de superação de dormência, por meio de escarificação mecânica com lixa.

A qualidade das sementes foi determinada pelas avaliações com as seguintes determinações: 1) Teor de água: realizado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas, utilizando quatro sub-amostras de 5g; 2) Germinação: conduzido com 4 repetições de 25 sementes, distribuídas sobre papel gemiteste, umedecidos com água destilada na proporção de 3 vezes o peso do papel desidratado, acondicionados em sacos plásticos. Em seguida foram colocadas em germinador tipo Mangerdolf regulado para o regime de temperatura constante de 25°C ; 3) Índice de Velocidade de Germinação (IVG): realizados juntamente com teste de germinação, onde contou-se o número de plântulas no sétimo e no décimo dia. O IVG foi calculado pela razão entre número de sementes germinadas a cada dia pelo número de dias decorridos desde a semeadura, conforme proposto por Maguire (1962); 4) Comprimento de parte aérea de da raiz

principal: foram medidos em centímetros com auxílio de régua graduada; 5) Massa fresca: foi feita a pesagem das plântulas normais com balança analítica de 0,001g de precisão; 6) Massa seca: foram acondicionadas as plântulas da massa fresca em saco de papel Kraft, submetidas a secagem em estufa de ventilação forçada, regulada a 65°C por 72 horas.

No EA pelo método tradicional as sementes foram acondicionadas em caixas de plástico tipo gerbox, formando minicâmaras úmidas. Dentro das caixas foram colocados 40 mL de água destilada (100% de umidade relativa do ar), sendo por fim tampadas e mantidas no interior de um germinador tipo B.O.D., em temperaturas de 41, 43 e 45°C , por um período de 24, 48 e 72 horas.

De maneira similar, foi realizado o teste de envelhecimento utilizando-se, em vez de água destilada, 40 mL de uma solução salina no interior das câmaras úmidas, composta de cloreto de sódio, na proporção de 40 g de NaCl para 100 mL de água destilada, ajustando a umidade relativa para 76%, conforme metodologia proposta por Jianhua e McDonald (1996).

Para análise estatística dos dados, adotou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3×3 mais 1 tratamento adicional (temperaturas x tempo de envelhecimento acelerado). Inicialmente os dados obtidos foram submetidos ao teste de Komolgorov-Smirnov e Levene com o objetivo de testar a normalidade e a homogeneidade dos dados respectivamente, após a verificação dos pressupostos os dados foram submetidos a Anova pelo teste F, quando diferenças significativas foram encontradas entre os tratamentos, as respectivas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e para as variáveis que apresentaram interação significativa foram ajustadas equações de regressão polinomial. Os procedimentos estatísticos foram realizados com o auxílio dos programas computacionais *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 20.0 e AgroEstat (2015) (BARBOSA & MALDONADO, 2015).

Resultados e Discussão

A interação entre temperatura e período de exposição apresenta-se significativa no envelhecimento acelerado pelo método

tradicional para as variáveis teor de água, germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação. Todavia, no

envelhecimento com solução de NaCl, apenas a variável germinação apresenta interação significativa entre os fatores (Tabela 1).

Tabela 1. Quadrado médio da análise de variância para as variáveis teor de água, germinação e índice de velocidade de germinação das sementes de Paricá, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional (EAMT) e envelhecimento acelerado com solução salina (EASS)

Causa de Variação	GL	EAMT			EASS		
		TA	G (%)	IVG	TA	G (%)	IVG
Temperatura	2	81,73**	2405,78**	27296,76**	99,86**	6465,78**	51530,63**
Período (horas)	2	120,09**	941,78**	8105,85**	26,75*	2053,78**	20969,19**
Ef. Interação TxP (Fatorial)	4	23,13**	515,78**	3843,57**	4,48 ^{NS}	457,11**	1913,01 ^{NS}
Adic. vs. Fatorial (Tratamentos)	8	62,02**	1094,78**	10772,44**	33,89**	2358,44**	19081,46**
Resíduo	1	159,43**	2112,18**	21804,23**	57,78**	224,04 ^{NS}	3765,35 ^{NS}
	9	72,84**	1207,82**	11998,19**	36,55**	2121,29**	17379,67**
	30	3,25	80,27	729,48	6,06	105,47	969,28
Total	39	-	-	-	-	-	-

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} - não significativo; TA - Teor de água; G (%) - Germinação; PC (%) - Primeira contagem; IVG - Índice de velocidade de germinação.

Para a variável teor de água, observa-se que no método tradicional à medida que aumenta o tempo de exposição, a absorção de

água pelas sementes aumenta, porém, ao elevar a temperatura, os valores começam a diminuir (Figura 1).

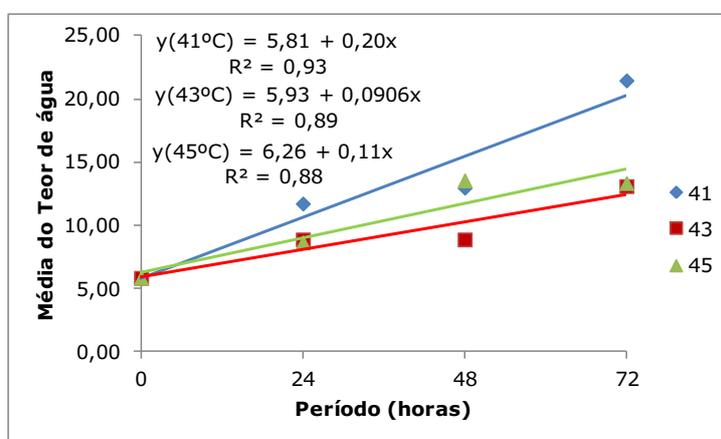


Figura 1. Médias observadas e funções ajustadas para a variável teor de água das sementes de Paricá submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método tradicional.

Pelos resultados observa-se que, a maior média obtida é no período de 72 horas com 41°C (21,47) e a menor observa-se com 45°C em 24 horas de exposição ao teste (8,67), no entanto todos os tratamentos apresentam valores maiores que o tratamento controle (5,87). O teor de água oscila de 8,67 a 21,47, essa variação é decorrente de vários fatores, tais como os diferentes períodos de exposição, a temperatura, tamanho das sementes, tipo de germinador, o tamanho da amostra utilizada, bem como, a distribuição das sementes sobre a tela metálica (CARVALHO et al., 2016).

A absorção inicial (controle) é de 5,87%, valor semelhante ao encontrado por Dapont et al. (2014) em sementes da mesma espécie

(5,11%) antes de submeter as mesmas à testes. Esse baixo teor de água inicial é característico da espécie, e é ocasionado pela impermeabilidade tegumentar, o que enquadra o Paricá no grupo das sementes ortodoxas.

Apesar da absorção de água ter sido favorecida com o aumento de exposição ao teste, a elevação da temperatura proporcionou quedas na absorção. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012) a embebição é favorecida com o aumento da temperatura até um certo limite, o que implica dizer que neste experimento, nas sementes do Paricá o limite de absorção de água é 41°C.

A intensidade de absorção de água após o envelhecimento acelerado varia muito entre

as espécies florestais, e um dos fatores que podem estar envolvidos é o grau de impermeabilidade do tegumento (AQUINO et al., 2018). Segundo Tunes et al. (2011), a diferença na absorção de água pelas sementes expostas ao envelhecimento acelerado é um aspecto importante a ser considerado, uma vez que, quando exposto a uma atmosfera úmida, há variações no teor de água dessas sementes. Essas mudanças podem causar oscilações na

intensidade de deterioração, pois quanto maior o teor de água das sementes, maior a sensibilidade à alta temperatura e à umidade relativa do ar (LIMA et al., 2011).

No envelhecimento acelerado com solução salina, por não ter ocorrido interação significativa, os fatores temperatura e período, são analisados separadamente (Tabela 2). A temperatura de 41°C e o período de 24 horas de exposição apresentam as menores médias.

Tabela 2. Média \pm desvio-padrão e resultado do teste de Tukey do teor de água das sementes de Paricá submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina

Temperatura (°C)	Teor de Água	Período (h)	Teor de Água
41	6,54 \pm 0,79 b	24	8,15 \pm 1,76 b
43	11,59 \pm 3,09 a	48	10,80 \pm 4,51 a
45	11,49 \pm 3,55 a	72	10,67 \pm 3,55 a

*Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de teor de água apresentam-se relativamente inferiores se comparados ao método tradicional (exceto na temperatura de 41°C com 72 horas no EAMT), o que nos permite afirmar que a solução de NaCl ocasiona diminuição da absorção de água. Essa redução ocorre em virtude da concentração de solutos na solução a qual proporciona diminuição do potencial osmótico e ação de alguns íons decorrentes dos elevados teores de cloreto de sódio (WILLADINO & CAMARA, 2010).

As condições de envelhecimento com o uso de solução salina promovem efeitos menos drásticos, pois ao atingir menores teores de água, o grau de deterioração das sementes seria atenuado em relação ao normalmente verificado com o uso do método tradicional (PANOBIANCO & MARCOS FILHO, 2001). Gomes Junior e Lopes (2017) e Correia et al. (2006), encontraram resultados similares em sementes de canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Alemão ex Benth).

Para a variável germinação, no método tradicional a Figura 2 expressa apenas o comportamento da temperatura de 4°C, pois é a única que apresenta modelo de regressão significativo. Pode-se observar que ocorre uma queda linear ($R^2 = 0,89$) à medida que aumenta o período de envelhecimento.

Para o método com solução salina, a germinação apresenta comportamento quadrático em 41 e 43°C e linear em 45°C. O aumento da temperatura e do período não mostram fatores prejudiciais a variável, onde em 45°C e 72 horas os percentuais são mais

elevados. A menor média é observada na temperatura de 43°C com 24 horas.

O comportamento da variável germinação no método tradicional, demonstra que o aumento do período de permanência de exposição ao teste causa estresse nas sementes, provocando uma drástica redução do potencial germinativo. O envelhecimento das sementes ocasiona atraso no processo germinativo, menor crescimento do embrião e aumento de susceptibilidade a estresses ambientais, levando eventualmente a perda de viabilidade (GUEDES, 2011). Estudos semelhantes foram encontrados nos trabalhos realizados por Sintia et al. (2013) e Santos (2016), ao analisarem o efeito do teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional em sementes de angico vermelho (*Parapiptadenia rigida*) e caviúna (*Dalbergia miscolobium*) respectivamente, espécies estas, pertencentes à mesma família botânica do Paricá.

No método com solução salina, a germinação foi favorecida apesar da absorção de água ter sido inferior no método tradicional. Essa alta germinação pode ter ocorrido pela redução de ataque de microrganismos, além do vigor ter sido favorecido quando se utilizou o NaCl. A adição do NaCl faz com que as sementes não absorvam muita água, proporciona uma menor umidade relativa do ar quando comparado apenas com água, e sofrem um processo de deterioração acentuado, desfavorecendo o desenvolvimento de fungos e minimizando os efeitos desses microrganismos associados às sementes, mesmo diante de uma metodologia que causa um estresse nas

sementes com a utilização de alta temperatura (TUNES et al., 2012).

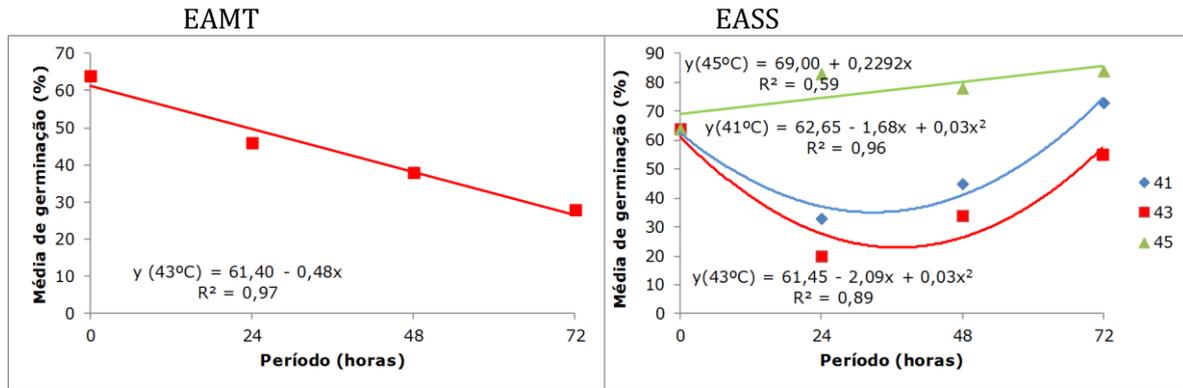


Figura 2. Médias observadas e funções ajustadas para a variável germinação das sementes de Paricá submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método tradicional (EAMT) e com solução salina (EASS).

Para determinar a metodologia de condução do envelhecimento é necessário observar as temperaturas, períodos e métodos de envelhecimento que contribuem para diminuição da germinação sem afetar drasticamente o vigor (MORAES et al., 2016). Para o Paricá, dentro das condições testadas,

essa situação é observada com o uso do método convencional.

O índice de velocidade de germinação para o método tradicional apresenta o mesmo comportamento que a variável germinação por terem sido realizados simultaneamente. Com base na Figura 3, a temperatura de 45°C em 24 horas apresenta o menor valor percentual.

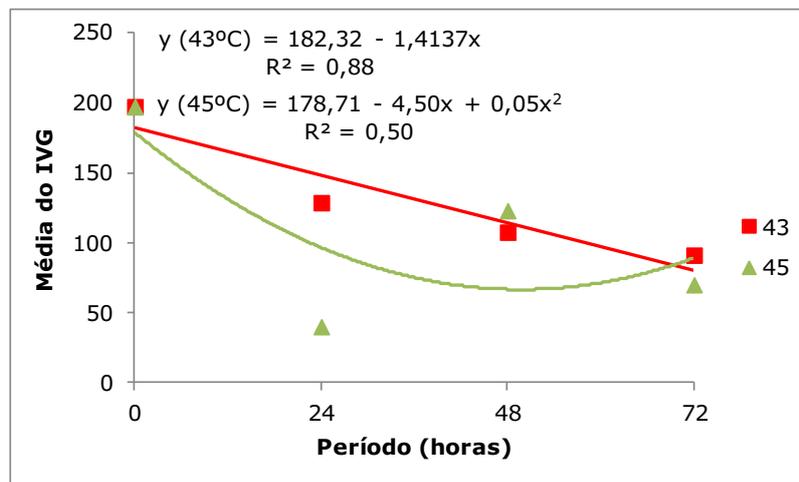


Figura 3. Médias observadas e funções ajustadas para a variável índice de velocidade de germinação das sementes de Paricá submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método tradicional.

A semelhança nos dados de IVG e germinação, implica dizer que estas variáveis influenciam umas às outras permitindo inferir que as mesmas são importantes ferramentas para analisar o vigor de sementes. A análise em conjunto da germinação e do IVG para o método tradicional revela que, as sementes mesmo sendo envelhecidas ainda apresentam o vigor. A redução da viabilidade e do vigor das sementes decorre das condições estressantes durante o envelhecimento acelerado e do maior consumo de reservas, devido a acelerada atividade

metabólica nestas condições (GUEDES et al., 2009).

O envelhecimento artificial tem uma influência negativa no IVG pelo fato das sementes sofrerem degeneração, pois quanto maior a exposição das mesmas ao envelhecimento acelerado, maior será a perda do vigor, conseqüentemente, menor será a capacidade das sementes em estabelecer uma população de plântulas rapidamente, uniformemente e adequadamente (BINOTTI et al., 2008). Esse comportamento pode estar associado às condições de altas temperaturas,

as quais, ocasionaram um estresse maior nas sementes fazendo com que os valores de germinação fossem reduzidos.

Na Tabela 4, pode-se observar que o IVG apresenta valores muito superiores aos encontrados no envelhecimento tradicional. Essa situação pode ter ocorrido em virtude da adequação da metodologia, ou seja, a espécie em

questão tem o vigor favorecido quando se utiliza o envelhecimento com solução de NaCl. De acordo com Monteiro et al. (2017), as condições do teste de envelhecimento acelerado com o uso de solução saturada ou solução supersaturada de NaCl promovem efeitos menos drásticos, em relação ao normalmente verificado com o uso do método tradicional.

Tabela 4. Média ± desvio-padrão do índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de Paricá submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina

Temperatura	IVG	Horas	IVG
41°C	150,84 ± 54,23 b	24h	129,05 ± 77,95 b
43°C	107,98 ± 56,06 c	48h	155,48 ± 58,88 b
45°C	236,67 ± 31,33 a	72h	210,95 ± 55,49 a

*Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação as variáveis CPA, CR e CT, os efeitos da interação entre temperatura e período não se apresenta significativo no

método tradicional. Já no envelhecimento com solução salina ocorre interação significativa para as variáveis CR e CT (Tabela 5).

Tabela 5. Quadrado médio da análise de variância para as variáveis (MF) massa fresca e (MS) das plântulas de sementes de Paricá submetidas ao teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional (EAMT) e envelhecimento acelerado com solução salina (EASS)

Causa de Variação	GL	EAMT			EASS		
		CPA (cm)	CR (cm)	CT (cm)	CPA (cm)	CR (cm)	CT (cm)
Efeito Fator A	2	15,90**	2,07 ^{NS}	25,39**	19,68**	6,09**	19,33**
Efeito Fator B	2	4,08**	9,49**	21,86**	1,54 ^{NS}	2,14 ^{NS}	4,54 ^{NS}
Ef. Interação AxB	4	0,82 ^{NS}	0,65 ^{NS}	1,823 ^{NS}	0,68 ^{NS}	3,75**	7,14*
(Fatorial)	8	5,41**	3,22**	12,73**	5,65**	3,93**	9,54**
Adic. vs. Fatorial	1	14,16**	10,91**	55,96**	27,32**	8,06**	66,99**
(Tratamentos)	9	6,38**	4,071**	17,53**	8,06**	4,39**	15,92**
Resíduo	30	0,44	0,641	1,57	0,9	0,73	1,85
Total	39	-	-	-	-	-	-

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} - não significativo; CPA- Comprimento aéreo; CR- Comprimento Raiz; CT- Comprimento total.

Para a variável CPA o crescimento aéreo das plântulas apresenta comportamento diferentes entre os tratamentos utilizados (Tabela 6). No EAMT a temperatura de 45°C e o período de 24 horas proporcionam menor crescimento aéreo nas plântulas, o EASS, por sua vez, ocorre os menores tamanhos na temperatura de 43°C e período de 48 horas. O envelhecimento com solução salina apresenta menores tamanhos de parte área em relação ao método tradicional, esse fator pode estar

relacionado a grande absorção de água obtida no EAMT. Segundo Olsen et al. (2016), o déficit hídrico, altera de forma distinta parâmetros fisiológicos de crescimento, provocando uma diminuição da expansão celular ou redução da eficiência de processos fisiológicos e bioquímicos. Costa e Carvalho (2017), ao estudarem o efeito de concentrações de NaCl no comprimento aéreo de plântulas de Paricá observaram que esta variável decrescia conforme o aumento das dosagens.

Tabela 6. Média \pm desvio-padrão e resultado do teste de Tukey das variáveis comprimento da parte aérea (CPA), de plântulas de Paricá submetidas ao teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional (EAMT) e com solução salina (EASS)

EAMT			
Temperatura (°C)	CPA (cm)	Tempo (h)	CPA (cm)
41	9,20 \pm 1,10 a	24	7,54 \pm 1,37 b
43	7,96 \pm 0,57 b	48	7,85 \pm 0,75 b
45	6,90 \pm 0,75 c	72	8,67 \pm 1,37 a
EASS			
Temperatura (°C)	CPA (cm)	Tempo (h)	CPA (cm)
41	8,54 \pm 1,27 a	24	7,12 \pm 1,71 a
43	5,98 \pm 0,87 c	48	6,96 \pm 1,31 a
45	7,21 \pm 0,68 b	72	7,65 \pm 1,22 a

*Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas variáveis comprimento de raiz (CR) e comprimento total (CT) para o método tradicional, a interação entre os fatores temperatura e período, não se apresenta significativa. Em ambas variáveis, o período de

48 apresenta os menores comprimentos, todavia, no fator temperatura, os menores tamanhos, para CR é encontrado em 43°C e para CT em 45°C (Tabela 7).

Tabela 7. Média \pm desvio-padrão das variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e comprimento total (CT) de plântulas de Paricá submetidas ao teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional

Temperatura (°C)	CR (cm)	CT (cm)
41	4,41 \pm 0,99 a	13,51 \pm 1,84 a
43	3,60 \pm 1,04 b	11,37 \pm 1,56 b
45	3,83 \pm 1,20 ab	10,73 \pm 1,76 b
Tempo (h)	CR (cm)	CT (cm)
24	3,82 \pm 1,07 b	11,36 \pm 2,32 b
48	3,13 \pm 0,51 b	10,85 \pm 0,86 b
72	4,89 \pm 0,88 a	13,40 \pm 1,85 a

*Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As sementes que possuem maior qualidade fisiológica realizam os processos metabólicos com maior velocidade, propiciando germinações mais rápidas e conseqüentemente plântulas bem desenvolvidas e uniformes (MUNIZZI et al., 2010). Portanto, pode-se inferir que o envelhecimento pelo método tradicional compromete o vigor das sementes do Paricá afetando o crescimento das estruturas das plântulas.

O comprimento de raiz (CR) para o envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl resulta em uma equação linear ($R^2=0,59$) para a temperatura de 41°C onde ocorre um efeito negativo. Para 45°C a equação de

regressão se ajusta a um polinômio de segundo grau ($R^2=0,98$).

O comprimento radicular diminui conforme aumenta o período de permanência das sementes na caixa gerbox (Figura 4). Essa queda ocorre, em decorrência do NaCl, o excesso de sais permite que, o potencial hídrico do ambiente radicular diminua e restrinja a absorção de água (COSTA et al., 2003). Além disso, a presença do sal nas sementes, afeta os processos de divisão e alongamento celular (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1989), contribuindo, portanto, com a redução das estruturas essenciais das plântulas, dentre elas o sistema radicular.

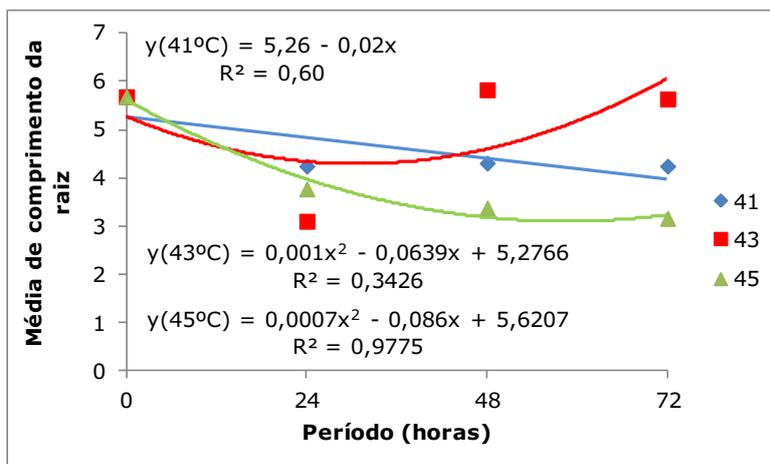


Figura 4. Médias observadas e funções ajustadas para a variável comprimento de raiz (CR) das plântulas de Paricá submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método com solução salina.

Com base na avaliação do comprimento total das plântulas pelo método com NaCl é possível verificar que, os resultados da interação entre temperatura e do período de exposição, indicam efeitos significativos.

A Figura 5 aborda o comportamento da variável ao longo do tratamento, sendo possível perceber que não há uma variação muito grande nos comprimentos das plântulas.

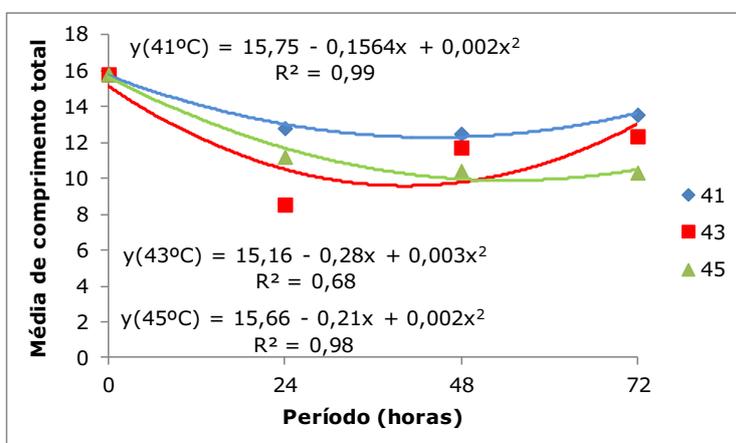


Figura 5. Médias observadas e funções ajustadas para a variável comprimento total (CT) das plântulas de Paricá submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método com solução salina.

As plântulas provenientes de sementes envelhecidas com o método salino, apresentam comprimentos maiores e estruturas mais desenvolvidas quando comparadas ao tradicional. Apesar da variável CPA ter sido favorecida no método tradicional, o comprimento das raízes é beneficiado no método salino proporcionando maiores tamanhos e conseqüentemente comprimentos totais elevados.

As sementes do Paricá, mesmo em condições de estresse, conseguem desencadear as reações necessárias para o seu bom desenvolvimento. O desempenho de uma

plântula sempre é associado aos caracteres fisiológicos da semente e ao poder germinativo, dessa forma, pode-se perceber que a germinação pelo método com NaCl, foi favorecida pelas concentrações salinas, mesmo causando limitações na absorção de água e carência energética para os processos metabólicos da germinação (LACHER, 2003).

De acordo com análise de variância das variáveis massa fresca (MF) e massa seca (MS) verifica-se que ocorre diferença significativa nos dois métodos de envelhecimento acelerado (Tabela 8).

Tabela 8. Quadrado médio da análise de variância para as variáveis (MF) massa fresca e (MS) das plântulas de sementes de Paricá submetidas ao teste de envelhecimento acelerado pelo método tradicional (EAMT) e envelhecimento acelerado com solução salina (EASS)

Causa de Variação	GL	EAMT		EASS	
		MF (g)	MS (g)	MF (g)	MS (g)
Temperatura	2	918,29**	27,15**	642,65**	19,31**
Período (horas)	2	106,52**	4,67**	273,98**	12,44**
Ef. Interação TxP	4	88,16**	5,11**	74,28**	2,42*
(Fatorial)	8	300,28**	10,51**	266,30**	9,15**
Adic. vs. Fatorial	1	1056,03**	23,13**	634,12**	10,31**
(Tratamentos)	9	384,26**	11,91**	307,17**	9,28**
Resíduo	30	12,06	0,77	15,25	0,81
Total	39	-	-	-	-

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} - não significativo; MF (g) – Massa fresca; MS (g) - Massa seca.

Para a variável massa fresca na temperatura de 43°C ocorre uma queda constante com o aumento dos períodos (Figura 6). Além do período, a temperatura adotada é um fator que contribui para o estresse, onde a elevação da mesma proporciona redução no

desenvolvimento de plântulas e conseqüentemente menor massa fresca. No envelhecimento com solução salina o estresse ocasionado favorece as plântulas de *Schizolobium parahyba var. amazonicum*.

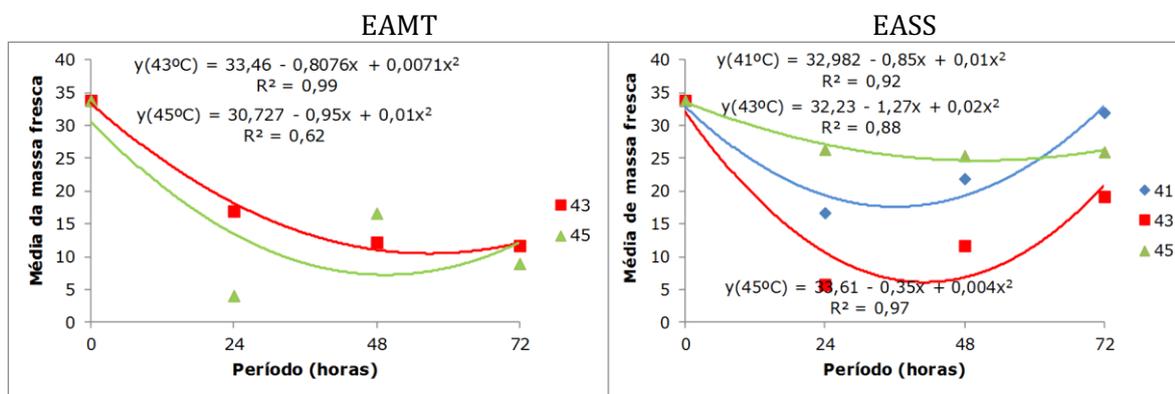


Figura 6. Médias observadas e funções ajustadas para a variável massa fresca (MF) das plântulas de Paricá submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método tradicional e com solução salina.

No método tradicional, os valores de massa seca reduziram conforme o aumento de exposição ao teste, nesse caso, o teste de envelhecimento acelerado ocasiona perda de vigor nas sementes de Paricá. Todavia, no método com solução salina, o comportamento não se apresenta uniforme, sendo necessário outros estudos para verificar se essa espécie irá ter um desempenho padrão.

Nota-se que, as variáveis massa fresca e massa seca tiveram o comportamento semelhante. Para o método com água destilada, o efeito da temperatura contribui para a diminuição da massa seca. A temperatura apresenta grande influência, na germinação das sementes e também afeta o desenvolvimento inicial das plântulas (GEHLING et al., 2016). Outro fator que pode ter contribuído também

para esse resultado, foi a presença de fungos durante a germinação, devido à grande quantidade de absorção de água pelas sementes nesse tratamento.

No método com solução salina, observa-se que ocorre valores maiores de massa fresca e seca (Figura 6). Esse resultado só é possível devido ao uso da solução salina que proporciona quedas nas taxas de absorção de água e conseqüentemente a redução de fungos. O uso do sal no envelhecimento acelerado faz com que sejam liberados para o meio íons de cloro e de sódio, que possuem ação antifúngica, fato esse que contribui para a redução da proliferação de fungos (FERREIRA & NOVEMBRE, 2016).

De um modo geral, os resultados indicam que o envelhecimento acelerado no método tradicional é mais eficaz para

quantificar o vigor das sementes, pois colabora com o aumento de estresse nas mesmas. A temperatura de 41°C e o período de 24 horas mostram-se mais brandos às sementes, não ocasionando tanta redução no potencial fisiológico. Em contrapartida, o teste de envelhecimento acelerado conduzido na temperatura de 45°C em 24 horas de exposição, mostra-se adequado para ser usado em trabalhos futuros para avaliação do vigor de sementes de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. A temperatura de 45°C, segundo Caldeira e Perez (2010), tem sido bastante empregada para o envelhecimento de sementes de espécies florestais.

Conclusão

O envelhecimento acelerado pelo método tradicional se mostrou mais eficaz para avaliar o vigor das sementes de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* na temperatura de 45°C em 24 horas de exposição ao teste. O envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl não foi eficaz para avaliar o vigor de sementes de *Schizolobium parahyba*.

Agradecimentos

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus Paragominas, ao Grupo de Estudos Aplicados à Sementes e Mudanças (GEASEM) e ao Grupo de Estudos e Pesquisas em Estatística Aplicada (GEPEA) pelo apoio na realização da presente pesquisa.

Referências

AQUINO, G. S. M.; BENEDITO, C. P.; OLIVEIRA, K. T.; SANTOS, P. C. S.; OLIVEIRA, J. C. D. Envelhecimento acelerado em sementes de *Piptadenia moniliformis* (Benth.). Revista Caatinga, v.31, n.3, p.681-686, 2018.

BARBIERI, A. P. P.; MENEZES, N. L.; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. M. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. Revista Brasileira de Sementes, v.34, n.1, p.117-124, 2012.

BARBOSA, J. C.; MALDORADO JÚNIOR, W. Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda., 2015.

BINOTTI, F. F. S.; HAGA, K. I.; CARDOSO, E. D.; ALVES, C. Z.; SÁ, M. E.; ARF, O. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. Revista Acta Scientiarum Agronomy, v.30, n.2, p.247-254, 2008.

BRITO, V. N.; TELLECHEA, F. R. F.; HEITOR, L. C.; FREITAS, M. S. M.; MARTINS, M. A. Fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada na produção de mudas de Paricá. Revista Ciência Florestal, v.27, n.2, p.485-497, 2017.

BUTZKE, A. G.; MIRANDA, E. M.; ANDRADE NETO, R. D. C.; BIANCHINI, F.; FIUZA, S. D. S. Produção de mudas de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) em diferentes tipos de substratos, recipientes e níveis de sombreamento em Rio Branco, Acre. Centro Científico Conhecer, v.15 n.27, p.254, 2018.

CALDEIRA, S. F.; PEREZ, S. C. J. G. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para diásporos de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem). Revista Árvore, v.34, n.2, p.215-221, 2010.

CARVALHO, C. A.; SILVA, J. B.; ALVES, C. Z. Envelhecimento acelerado em sementes de mogno. Revista Ciência Agronômica, v.47, n.4, p.691-699, 2016.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C.; LAMEIRA, O. A.; FILHO, A. B. G. Avaliação de plantios de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (huber ex ducke) barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará - PA (Brasil). Revista Ciência Florestal, v.25, n.3, p.679-687, 2015.

COSTA, E. N.; CARVALHO, J. S. B. Germinação e vigor de sementes florestais nativas em função do cloreto de sódio (NaCl). 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal Rural da Amazônia. Paragominas, 2017.

COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. Revista Brasil, v.26, n.3, p.289-297, 2003.

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. Seed Science and Technology, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

FERREIRA, R. L.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Estimativa do vigor das sementes e das plântulas de *Bixa orellana* L. Revista Ciência Agronômica, v.47, n.1, p.101-107, 2016.

GEHLING, V. M.; MENDOÇA, A. O.; ANJOS, F. C.; ALLGAYER, G. A.; VILLELA, F. A.; AUMONDE, T. Z. Desempenho fisiológico de sementes e plântulas de tomateiro sob diferentes

- temperaturas. *Scientia Agraria Paranaensis*, v.16, n.1, p.32-38, 2017.
- GOMES JUNIOR, D.; LOPES, J. C. Teste de envelhecimento acelerado para avaliar o potencial fisiológico de sementes de canudo-de-pito. *Revista Ciência Florestal*, v.27, n.4, p.1105-1115, 2017.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; OLIVEIRA, L. S. B.; ANDRADE, L. A.; GONÇALVES, E. P.; MELO, P. A. R. F. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. *Revista Ciências Agrárias*, v.32, n.2, p.443-450, 2011.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; VIANA, J. S.; BRUNO, R. D. L. A.; COLARES, P. N. Q. Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. *Semina: Ciências Agrárias*, v.30, n.2, p.323-330, 2009.
- HENNIGEN, A.; NETO, J. D. B. F.; KRZYZANOWSKI, F. Máximas produtividades com o uso de sementes de soja de alto vigor. *Embrapa Soja-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)*. p.32-37, 2015.
- JIANHUA, Z.; MCDONALD, M. B. The saturated salt accelerated aging test for small seeds crops. *Seed Science and Technology*, v.25, n.1, p.123-131, 1996.
- LIMA, C. R.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, K. R. G.; PACHECO, M. V.; ALVES, E. U. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. *Revista Ciência Agrônômica*, v.45, n.2, p.370-378, 2014.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*, v.2, p.176-177, 1962.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 4. ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 270p.
- MONTEIRO, D.; TUNES, L. M.; PACHECO, C.; LEMES, E. S.; ALMEIDA, A. D. S.; MUNIZ, M. F.B. Envelhecimento acelerado e ocorrência de fungos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de arroz. *Revista de Ciências Agrárias*, v.40, n.1, 2017.
- MORAES, C. E.; LOPES, J. C.; FARIAS, C. C. M.; MACIEL, K. S. Qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC em função do teste de envelhecimento acelerado. *Revista Ciência Florestal*, v.26, n.1, p.213-223, 2016.
- MUNIZZI, A.; BRACCINI, A. D. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.1, p.176-185, 2010.
- OLSEN, D.; PEDÓ, T.; KOCH, F.; MARTINAZZO, E. G.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Tratamento de sementes com bioestimulante: vigor e isoenzimas de plântula de arroz de sequeiro sob restrição hídrica. *Revista Agrarian*, v.9, n.34, p.296-302, 2016.
- PANOBIANCO, M. V.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. *Revista Scientia Agricola*, v.58, n.3, p.525-531, 2001.
- PEREIRA, M. F. S.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C. F. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico em sementes de coentro. *Semina: Ciências Agrárias*, v.36, n.2, p.595-606, 2015.
- POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. 2. ed. Brasília, DF: 1985. 289p.
- SANTOS, T. C. Análise de vigor de sementes de *Dalbergia miscolobium* Benth. através do teste de envelhecimento acelerado. 41f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília. Brasília, 2016.
- SANTOS, I. S.; SALIN, S.; PEREIRA, P. C. G. Caracterização do reflorestamento de Paricá na microrregião de Paragominas-PA. *Revista Agroecossistemas*, v.10, n.1, p.145-158, 2018.
- SHIMIZU, E. S. C.; PINHEIRO, H. A.; COSTA, M. A.; SANTOS FILHO, B. G. Aspectos fisiológicos da germinação e da qualidade de plântulas de *Schizolobium amazonicum* em resposta à escarificação das sementes em lixa e água quente. *Revista Árvore*, v.35, n.4, p.791-800, 2011.
- SILVA, A. R.; SALES, A. Crescimento e produção de Paricá em diferentes idades e sistemas de cultivo. *Advances in Forestry Scienc.*, v.5, n.1, p.231-235, 2018.
- SINTIA, G.; LOVATTO, M.; BORDIN, K. M.; SOBRAL, L. S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan. *Revista Cadernos de Agroecologia*, v.8, n.2, p.2-5, 2013.
- TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; BARBIERI, A. P. P.; CONCEIÇÃO, G. M.; ROETHING, E.; MUNIZ, M. F. B.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado modificado para sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) e sua correlação com outros testes de vigor. *Revista Brasileira de Biociência*, v.9, n.1, p.12-17, 2011.
- TUNES, L. M.; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. *Revista de Ciências Agrárias*, v.35 n.1, p.120-127, 2012.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e

bioquímicos. Enciclopédia Biosfera, v.6, n.11, p. 2-23, 2010.

Capítulo 2

**DELIMITAÇÃO MORFOMÉTRICA E DETERMINAÇÃO DO CURVE NUMBER DA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BREJO COMPRIDO, PALMAS – TO**

Alesi Teixeira Mendes¹
Patrick Lucas Iopp²
Diogo Luiz Quixabeira Camargo³

¹Professor Assistente, ITPAC Porto Nacional, alesi.mendes@itpacporto.edu.br

²Engenheiro Civil, pós-graduando em Segurança do Trabalho, UFT, patrickiopp17@gmail.com

³Professor Assistente, ITPAC Porto Nacional, diogo.camargo@itpacporto.edu.br

Introdução

A Bacia Hidrográfica (BH) pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais formação de nascentes e do lençol freático. A determinação da forma da BH é uma das características mais difíceis de serem expressas em termos quantitativos. A forma tem influência direta no comportamento hidrológico da BH e existem vários índices utilizados para se determinar essa influência: o coeficiente de compacidade (Kc) que é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia e o fator de forma (Kf) que é a razão entre a largura média da bacia e o comprimento do eixo da bacia (BARRELLA, 2001; CARVALHO & SILVA, 2006).

Lima (1986) destaca que além das características geomorfológicas, como forma, relevo, área, geologia e rede de drenagem, o comportamento hidrológico de uma bacia é função também de seu tipo de cobertura do solo. Das fases do ciclo hidrológico o escoamento superficial se configura entre um das mais importantes e diretamente afetadas por essas características da BH, justamente por tratar da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre (CARVALHO & SILVA, 2006).

Kobiyama et al. (2005) aponta que os fatores que influenciam o escoamento superficial dividem-se por conta de suas naturezas climáticas e fisiográficas, além das consequências advindas da implantação de obras hidráulicas e da cobertura vegetal. Os fatores de natureza climáticas são a intensidade, duração da precipitação e a precipitação antecedente, já as de natureza fisiográficas são a área, a forma, a permeabilidade, a capacidade de infiltração e a topografia.

Dos métodos de análise da dinâmica da infiltração de água no solo e, por sua vez, do escoamento superficial os modelos de Green-Ampt, Horton e da Curva Número são

vastamente utilizados. O método de Horton se baseia em observações empíricas onde a infiltração decresce exponencialmente de um valor máximo inicial até um valor mínimo durante um evento de chuva. O método de Greem-Ampt, foi inicialmente proposto em 1911 e se baseia na Lei de Darcy, onde considera-se o solo homogêneo, com teor de umidade inicial que permanece constante (FEITOSA, 2015).

O método da Curva Número deriva do método *Soil Conservation Service* (SCS) do *Natural Resources Conservation Service* (NRCS), desenvolvido nos Estados Unidos pelo Departamento de Agricultura com base em análises aplicadas em várias bacias hidrográficas norte-americanas. Trata-se de um método de distribuição temporal baseado no conceito do hidrograma unitário que apesar de ter sido desenvolvido e aplicado nos EUA já possui adaptações para diversos estados brasileiros. Esse método depende do *Curve Number* ou Número Curva (CN), parâmetro empírico tabelado utilizado para estimar o volume efetivo de precipitação pode gerar escoamento superficial e aumento de deflúvio em bacias hidrográficas. O CN depende do tipo de solo, condições de uso e ocupação do solo e da umidade antecedente (PORTO, 1995).

Conforme menciona Mota (2016), diversos autores ao redor do mundo têm desenvolvido estudos que apontam algumas limitações do método, a maioria dos pontos tem a ver com os conceitos iniciais do método e a sua aplicabilidade em bacias hidrográficas que possuem características diferentes das bacias norte americanas onde o método foi desenvolvido. A nível de exemplo se destacam os trabalhos de Ponce e Hawkins (1996), Cruz (2004) e Sartori (2010). Contudo, para Garen e Moore (2005), quando comparado com outros modelos de cálculo de vazões máximas nenhum apresenta tantas vantagens quanto o SCS-CN.

A realidade da maioria dos municípios tocantinenses é marcada pela ausência de dados sistematizados e regionalizados que auxiliem no planejamento e gestão. As prefeituras municipais raramente possuem banco de dados locais contendo as características das suas bacias hidrográficas necessárias para o desenvolvimento de pesquisas e projetos. Diante disso, o objetivo desse trabalho é caracterizar a morfometria da microbacia do Córrego Brejo Comprido e definir o seu CN por meio da classificação supervisionado de uma imagem de alta resolução.

Microbacia do córrego Brejo Comprido

A cidade de Palmas, no Tocantins, possui duas bacias hidrográficas que compõem seu sistema de drenagem, a bacia do rio Tocantins e a bacia do rio Balsas. A zona urbana do município é drenada por afluentes diretos do rio Tocantins, os principais cursos d'água que

compõem esse sistema de drenagem urbana da cidade são o córrego Água Fria, o córrego Sussuapara, o córrego Brejo Comprido, o córrego do Prata, o Taquaruçu Grande e o Taquari (PALMAS, 2014).

A microbacia na qual a pesquisa foi desenvolvida é a do córrego Brejo Comprido (Figura 1). Essa microbacia possui grande parte de sua extensão em zona urbana, com área de drenagem abrangendo quase todo o Plano Diretor Central da cidade, numa área bastante consolidada do perímetro urbano com a presença do Parque Cesamar na sua cabeceira. Desde 28 de novembro de 2007, com a promulgação da Lei Complementar nº 155/2007 da cidade de Palmas – TO, que dispõe sobre a política urbana do município, em seu art. 29, inciso III, foi criada a Unidade de Conservação Brejo Comprido, definindo uma faixa de preservação de 100 m (cem metros) de cada lado do corpo d'água (PALMAS, 2014).

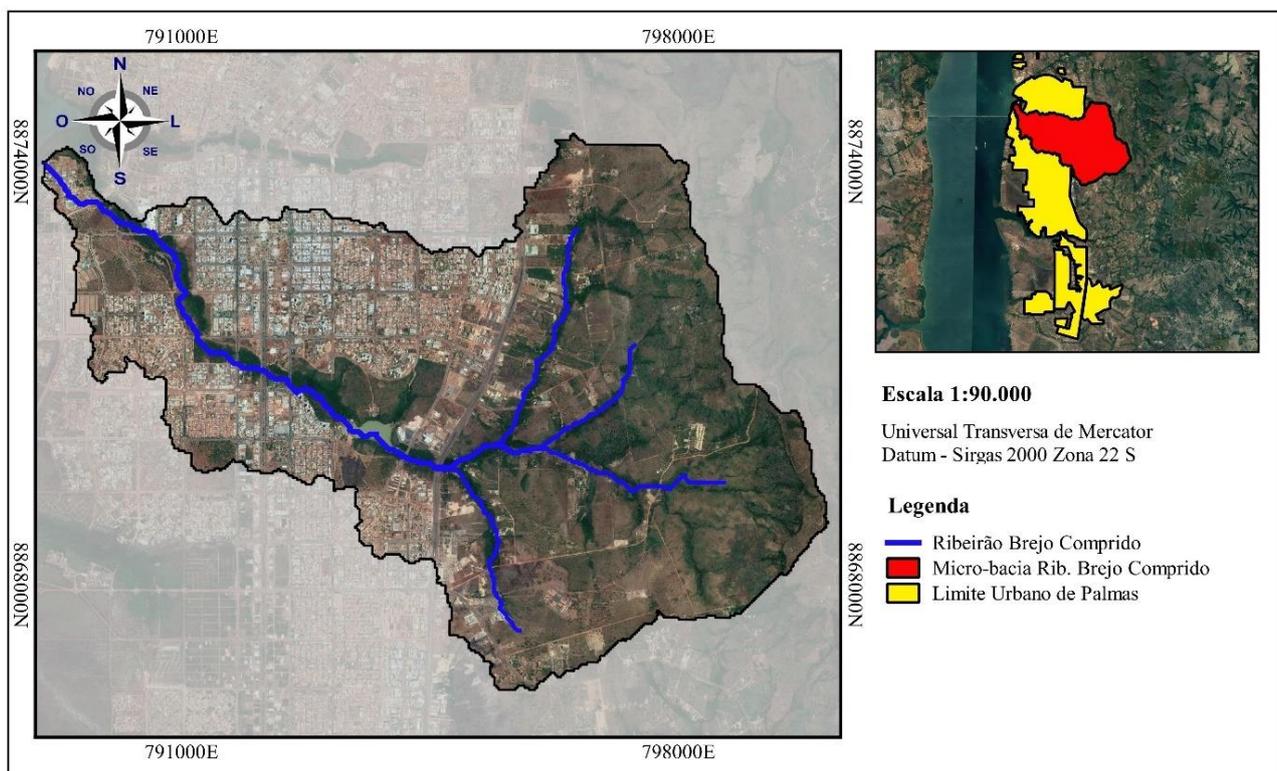


Figura 1. Mapa da microbacia do córrego Brejo Comprido. Fonte: Adaptado de Pléiades (2015).

O córrego Brejo Comprido tem suas nascentes na Serra do Lajeado e seu canal corta o Plano Diretor de Palmas no sentido Leste-Oeste desaguardo no reservatório da UHE – Luís Eduardo Magalhães. Até o ano de 2013 o córrego ainda não havia sido enquadrado em classes de qualidade, sendo considerado como classe II (SOUZA & FIGUEROA, 2012; ARRAIS, 2009).

O córrego possui dois usos outorgados para a microbacia, o abastecimento populacional e a irrigação de parques e jardins, mas serve também de corpo receptor de efluentes tratados, não tratados e ainda resíduos sólidos. Como a maior parte de sua extensão se localiza no perímetro urbano de Palmas, seu canal encontra-se margeado por ocupações urbanas que originam diferentes

impactos ambientais ao longo de seu curso, a retirada de parte da cobertura vegetal, alterações na permeabilidade do solo, aumento de erosões e à presença de lixo e entulhos em suas vertentes. Além disso, devido a criação do reservatório UHE Lajeado a área de desagüe, que também drena as águas do córrego Suçuapara, encontra-se bastante degradada (SOUZA et al., 2013; ARAÚJO et al., 2013).

A microbacia ainda conta com o Parque Cesamar, parque que possui 6.000 m de

perímetro e ocupa área às margens do córrego Brejo Comprido. Uma parte do córrego foi represado formando um lago cujo volume d'água é de aproximadamente 500.000 m³, a barragem construída mede 150 m de comprimento, toda protegida por gabiões e colchão reno, sobre o qual a água verte em cascata, num anel de 30 m de comprimento, caindo em três piscinas que originalmente serviam para banho (Figura 2A) (OLIVEIRA, 1998).



Figura 2. Mapa do Parque Cesamar. Fonte: Adaptado de Pléiades (2015).

O Lago Cesamar é formado por cinco afluentes cujo principal é o próprio córrego Brejo Comprido (Figura 2B) e compõe o sistema de drenagem da cidade como uma bacia de retenção. O Lago possui espelho d'água com área de 15,45 hectares e profundidade média de 2 metros (Figura 2C), o controle da vazão do córrego Brejo Comprido dentro da área do parque é feita por meio de vertedouros em gabião (Figura 2D e 2E). A estimativa da área de contribuição na entrada no lago é de

aproximadamente 178 hectares (PALMAS, 2014).

Material e Métodos

Análise morfométrica da bacia

A delimitação da bacia urbana do córrego Brejo Comprido foi realizada por meio da ferramenta TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*), utilizando o programa QGIS. A delimitação de BH depende principalmente do Modelo Digital de Terreno (MDT), uma representação digital do relevo da

superfície terrestre. O MDT utilizado na delimitação da bacia urbana da área de estudo foi obtido na GEOPalmas, base de dados da Prefeitura Municipal de Palmas, baseado em imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) do projeto Topodata, com resolução espacial de aproximadamente 30 m.

A análise morfométrica da bacia foi dividida conforme proposta de Teodoro et al. (2007) em: características geométricas, de relevo e nas características dos canais de drenagem.

Características geométricas

Quanto as características geométricas da BH foram determinadas a área, o perímetro, o fator de forma (Kf), o coeficiente de compacidade (Kc), o índice de circularidade (Ic) e a densidade hidrográfica (Dh).

O Kf é uma relação entre a forma da bacia e a forma de um retângulo, sendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (VILLELA & MATTOS 1975). Esse parâmetro foi determinado por meio da Equação 1:

$$Kf = \frac{\bar{L}}{L} \text{ ou } Kf = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde, \bar{L} é largura média da bacia e L é o comprimento do eixo da bacia. Ou ainda a razão entre a área da bacia e o comprimento do eixo da bacia. Quanto menor o Kf, mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente. Além disso, é mais difícil uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia (MENDES, 2018).

O Kc é uma relação entre a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARDOSO et al., 2006). O coeficiente foi calculado a partir da Equação 2.

$$Kc = \frac{P_{BH}}{P_C} \text{ ou } Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde P_{BH} é o perímetro da bacia e P_C é o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia; ou ainda P é o perímetro da bacia e A é a área da bacia. Esse coeficiente é sempre um valor maior que 1 (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o Kc, mais circular é a bacia, menor o Tc e maior a tendência de haver picos de enchente (MENDES, 2018).

De forma semelhante ao fator de forma o índice de circularidade procura estabelecer relação entre a forma da BH e a sua proximidade ao formato de um círculo (CARDOSO et al., 2006). Esse índice foi calculado por meio da Equação 3.

$$Ic = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: A é a área da BH e P o seu perímetro.

O último parâmetro das características geométricas é a densidade hidrográfica (Dh). Que segundo Teodoro et al. (2007) é a relação existente entre o número de cursos d'água (N) e a área da BH. Calculado a partir da Equação 4.

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (\text{Eq. 4})$$

Esse índice permite comparar a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão, por exemplo a área de uma BH (CRHISTOFOLETTI, 1969). Segundo Christofolletti (1969) esse parâmetro expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia e sua capacidade de criar cursos d'águas.

As equações utilizadas acima para a determinação dos parâmetros morfométricos foram encontradas em Antoneli e Thomaz (2007), Christofolletti (1969), Villela e Mattos (1975), Tonello (2005) e Cardoso (2006).

Características de relevo

Quanto as características de relevo foram determinadas a declividade da BH, suas altitudes máxima e mínima e a sua amplitude. As altitudes foram obtidas pelo MDT, e a amplitude da bacia é a variação entre a altitude máxima e altitude mínima.

A declividade, por sua vez, foi obtida pelo método da declividade equivalente constante que leva em consideração o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal, por meio da Equação 5 (CARVALHO & SILVA, 2006).

$$S = \left(\frac{\sum Li}{\sum \left(\frac{Li}{\sqrt{Di}} \right)} \right)^2 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: Li e Di são a distância em metros e a declividade em cada trecho i analisado, respectivamente.

Tabela 1. Síntese dos dados de declividade da microbacia

Cota	Dist. (m)	Dist. (km) (Li)	Dist. Acum. (km)	Declividade por Segmento (Di) = 50/(2)	$\sqrt{(5)}$ (Si)	$\frac{Li}{Si}$
550 - 500	32,65	0,03	0,03	1,5316	1,24	0,03
500 - 450	97,94	0,10	0,13	0,5105	0,71	0,14
450 - 400	130,58	0,13	0,26	0,3829	0,62	0,21
400 - 350	163,23	0,16	0,42	0,3063	0,55	0,29
350 - 300	3838,33	3,84	4,26	0,0130	0,11	33,63
300 - 250	7639,16	7,64	11,90	0,0065	0,08	94,42
250 - 200	3544,51	3,54	15,45	0,0141	0,12	29,84
Total	15446,39	15,45			3,44	158,57

Determinação do Número Curva

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada na parcela urbana da microbacia. A determinação do CN se deu por meio da classificação supervisionada de uma imagem de alta resolução da área de estudo, pelo método de máxima verossimilhança (MAXVER). A imagem utilizada na classificação é do satélite Plêiades do ano de 2015 e tem resolução espacial de 0,50 m, resolução radiométrica de 8 bits por pixel e composição colorida em 3 bandas (*red, green e*

blue). A classificação supervisionada foi feita no QGIS utilizando a extensão *Semi-Automatic Classification Plugin*, que possibilita a classificação supervisionada pixel a pixel de imagens de satélites.

Outro fator foi considerado na determinação do CN, o grupo hidrológico do solo, que segundo a NRCS se dividem em quatro categorias. A Tabela 3 apresenta valores de CN para bacias urbanas, segundo a NRCS.

Tabela 2. Curva Número para áreas urbanas

Descrição da cobertura	CN para os grupos hidrológicos de solo				
	Média área impermeável (%)	A	B	C	D
Tipo de cobertura					
Espaços abertos (gramados, relvados, parques, cemitérios):					
Condição pobre (cobertura de relva <50%)		69	79	86	89
Condição razoável (cobertura de relva entre 50 e 75%)		49	69	79	84
Condição boa (cobertura de relva >75%)		39	61	74	80
Áreas impermeáveis:					
Estacionamentos pavimentados, telhados, vias pavimentadas		98	98	98	98
Ruas e avenidas:					
Pavimentadas; meio-fio e rede de drenagem		98	98	98	98
Pavimentadas; valas abertas		83	89	92	93

Fonte: Adaptado do NRCS (1986).

De acordo com a Base de Dados Geográficos do Tocantins da Secretaria da Fazenda e Planejamento (SEFAZ), em sua atualização de 2012, a microbacia do córrego Brejo Comprido é composta em sua maioria por Latossolos. A Prefeitura Municipal de Palmas também realizou um levantamento pedológico do município, no qual os solos a semelhança do levantamento da SEFAZ foram classificados como Latossolo vermelho-amarelo. Os solos da microbacia do Córrego Brejo Comprido foram considerados no grupo hidrológico B por Mendes (2018) e Sartori et al. (2005),

classificam esse solo no mesmo grupo hidrológico.

O valor do CN final foi produto de uma média ponderada entre os valores dos CN adotados e o percentual da área da microbacia que cada um cobre.

A precisão da classificação foi determinada por meio da matriz de confusão e pelo cálculo do Índice Kappa. Esse índice estatístico mede o grau de concordância entre proporções derivadas de amostras dependentes. Quando aplicado na classificação de imagens apresenta o quanto à classificação

está de acordo com os dados de referência (SILVA & PAES, 2012; FIGUEIREDO & VIEIRA, 2007).

O índice Kappa é calculado por meio da Equação 5 com os valores de observações encontrados na matriz de confusão.

$$k = \frac{k_1 - k_2}{1 - k_2} \quad Eq. 5$$

Onde: k_1 é a razão entre os pares de observações concordantes e o número total de observações; e k_2 é a soma das probabilidades de em ambas as classificações os pixels serem classificados igualmente.

A Tabela 4 apresenta os intervalos de avaliação do índice Kappa.

Tabela 3. Valor para avaliar o grau de concordância a partir do índice Kappa

Valor do Kappa	Concordância
< 0,20	Pobre
0,21 - 0,40	Fraca
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Boa
0,81 - 1,00	Muito boa

Fonte: Silva e Paes (2012).

Foram considerados três tipos distintos de solo e respectivos: áreas com vegetação, campos abertos sem vegetação e áreas impermeabilizadas. Foram consideradas áreas com vegetação com CN igual a 61, campos

abertos sem vegetação e CN igual a 69, e áreas impermeabilizadas com CN igual a 98.

Resultados e Discussão

A Tabela 5 apresenta as características morfométricas da microbacia.

Tabela 4. Características morfométricas da microbacia do Brejo Comprido

Características	Parâmetros Morfométricos	Unidade	Valor
Características geométricas	Área	Km ²	48,35
	Perímetro	Km	48,07
	Comprimento do eixo da bacia	Km	15,45
	Coefficiente de compactidade (Kc)	-	1,94
	Fator de forma (Kf)	-	0,20
	Índice de circularidade (Ic)	-	0,26
	Densidade hidrográfica (Dh)	canais/km ²	6,02
Características do relevo	Altitude máxima	m	511,17
	Altitude média	m	369,28
	Altitude mínima	m	227,39
	Amplitude altimétrica (Hm)	m	283,78
	Declividade média equivalente	m/m	0,00047
Características da rede de drenagem	Número de cursos d'água	-	291
	Ordem dos cursos d'água	-	4
	Comprimento do canal principal	km	9,95
	Comprimento total dos canais	km	111,97
	Comprimento vetorial do canal principal	km	8,05
	Densidade de drenagem (Dd)	km/km ²	2,32
	Índice de sinuosidade (Is)	m/m	1,24

A bacia urbana do Brejo Comprido possui formato mais alongado, o que indica baixo potencial para ocorrência de inundações, por não haver concentração de deflúvio, e como o valor do fator de forma é baixo (0,20) essa bacia possui poucas chances de inundar durante os eventos de pico de cheia.

Além das características geométricas as características morfométricas do relevo são de suma importância uma vez que o relevo está diretamente ligado as características de drenagem e escoamento. Quanto as caracterizas do relevo a microbacia apresenta altitude mínima de 216 m e máxima de 602 m à

medida que se aproxima da Serra de Lajeado. O valor encontrado para a amplitude altimétrica foi de 283,78 m.

A Figura 3 apresenta a altimetria microbacia do Brejo Comprido e a Figura 4 apresenta a sua declividade.

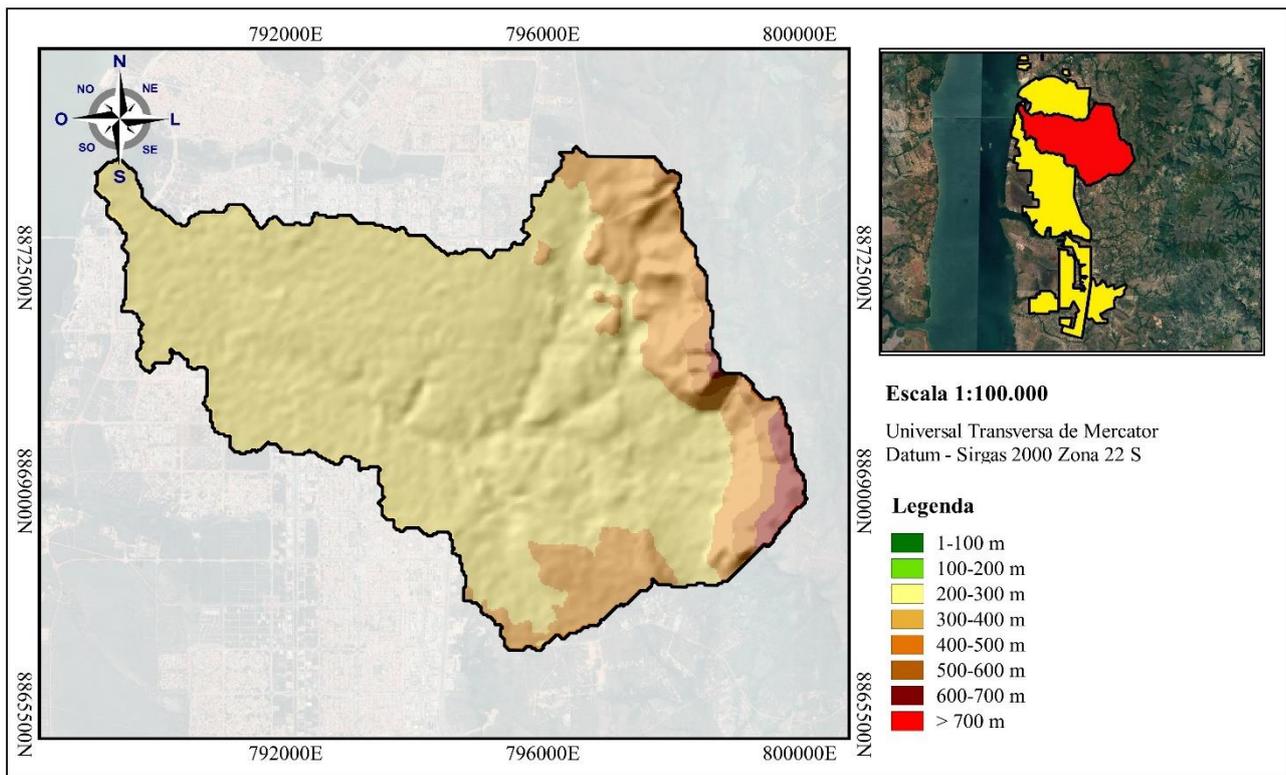


Figura 3. Mapa de relevo da microbacia do Córrego Brejo Comprido.

Fonte: Adaptado de Pléiades (2015).

Uma importante relação pode ser estabelecida quanto ao relevo: a Relação de Relevo. Esse parâmetro envolve a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal e estabelece a relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia e o comprimento total do canal principal (LANA, ALVES & CASTRO, 2001). A microbacia do Córrego Brejo Comprido possui Relação de Relevo de 28,51, valor que indica que a BH possui um relevo com declividade acentuada.

De acordo com Schumm (1956), quanto maior o valor de dessa relação maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia.

Contudo, a Figura 4 permite notar que a microbacia possui uma particularidade, a região com declividade acentuada encontra-se apenas nas proximidades da Serra de Lajeado na maior parte da BH apresenta declividade suavemente ondulada como apresenta a Figura 5.



Figura 4. Declividade da microbacia do Brejo Comprido.

A microbacia em sua grande maioria é plana e suavemente ondulada nas proximidades do talvegue do córrego Brejo Comprido, com declividades variando até entre 3 e 8%. As

regiões com maior declividade estão próximas a Serra de Lajeado, com valores que ultrapassam os 75%. Apesar da acentuada relação de relevo a declividade média da BH é de 0,05%.

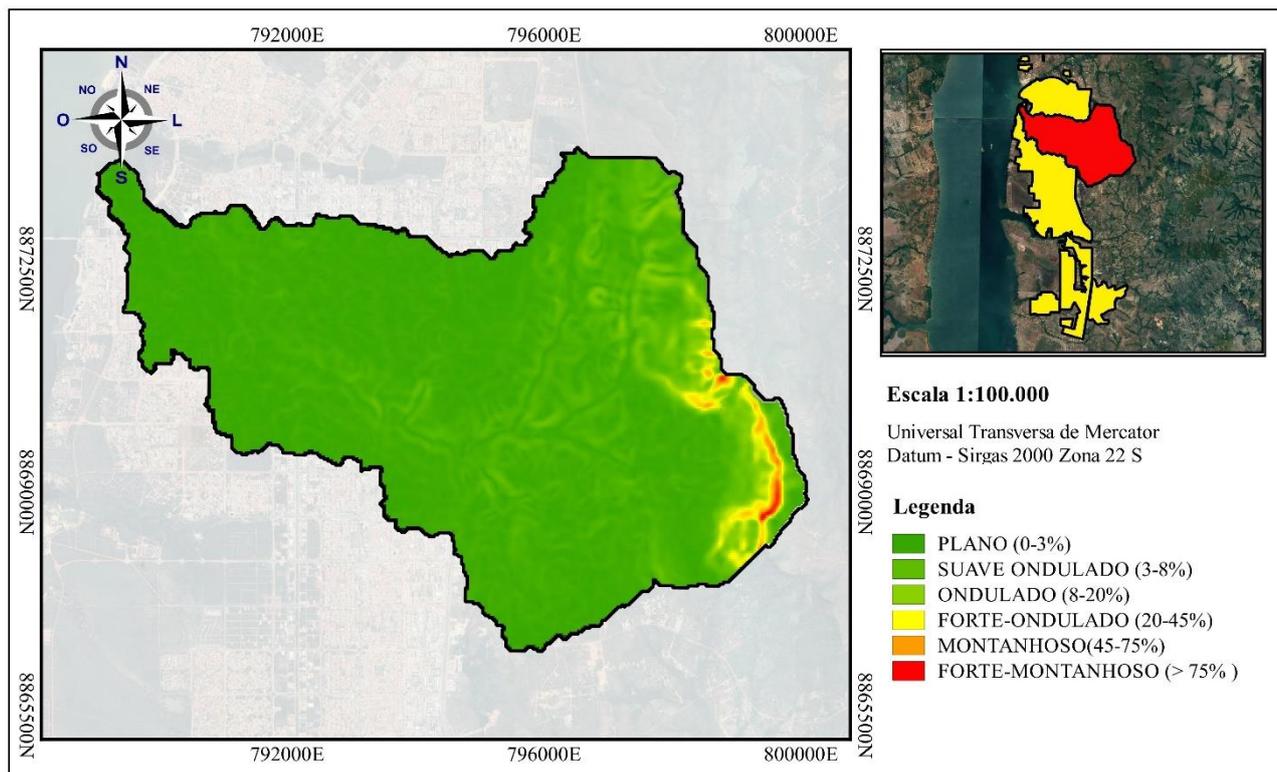


Figura 5. Mapa de declividades da microbacia do Córrego Brejo Comprido. Fonte: Adaptado de Pléiades (2015).

No que diz respeito às características de drenagem da microbacia, o comprimento total do curso d'água principal que drena a área de estudo é de 9,85 km. A microbacia possui corpos hídricos de quarta ordem. A densidade de drenagem encontrada foi de 2,32 km/km², que segundo Villela e Mattos (1975) a classifica com bacia com drenagem pobre. O índice de sinuosidade dos canais de drenagem

encontrado foi de 1,24 os quais indicam que o canal principal de drenagem não é sinuoso, mas também não é retilíneo, sendo considerado transitório.

Com relação ao CN, foi analisada a área urbana da microbacia. A área totalizou 2.515,13 hectares. As características da cobertura do solo são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 5. Características geométricas da microbacia

Tipo de Cobertura	Área (ha)	Percentual (%)	CN	CN Final
Áreas Com Vegetação	552,10	21,95	61	
Campos Abertos Sem Vegetação	674,79	26,84	69	
Áreas Impermeabilizadas	1.288,24	51,21	98	82,10
Total	2.515,13	100,00		

Quanto a determinação do CN, a Figura 5 abaixo apresenta os resultados da classificação supervisionada da imagem da microbacia. No mapa classificou-se a imagem nas 3 classes de solo pré-determinadas: áreas com vegetação, campos abertos sem vegetação e áreas impermeabilizadas.

A acurácia da classificação foi determinada por meio da matriz de confusão e pelo cálculo do Índice Kappa. A Tabela 5 apresenta a matriz de confusão, na qual do total de 23.288 observações 21.209, cerca de 91,07%, são concordantes.

Tabela 6. Matriz de confusão

Classificação	Áreas com Vegetação	Áreas Impermeabilizadas	Campos Abertos	Total
Áreas com Vegetação	2647	423	214	3284
Áreas Impermeabilizadas	326	10238	756	11320
Campos Abertos	129	231	8324	8684
Total	3102	10892	9294	23288

O Índice Kappa encontrado com o resultado da matriz é igual a 0,85. O grau de concordância da classificação é muito bom

segundo os intervalos propostos por Silva e Paes (2012).

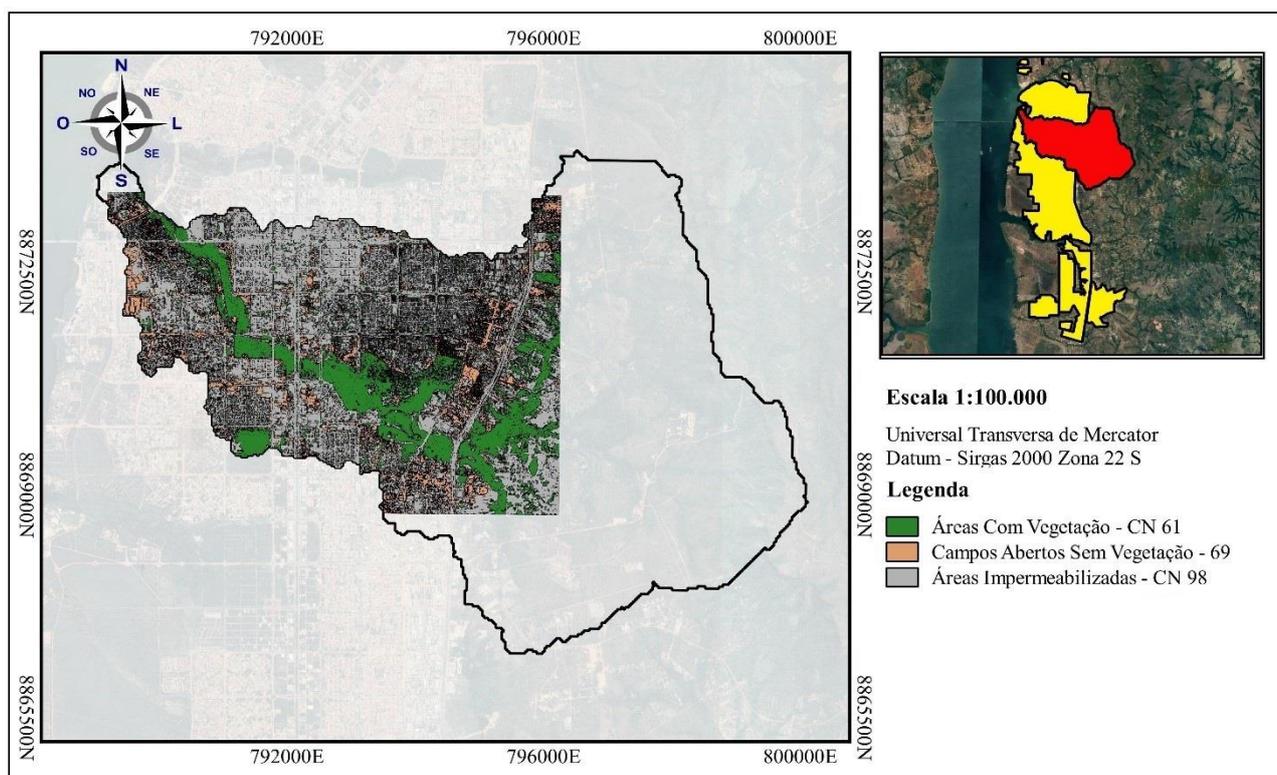


Figura 5. Mapa do CN da área urbana da microbacia do Córrego Brejo Comprido.

Fonte: Adaptado de Pléiades (2015).

Palmas ainda não possui uma regulação específica para tratar da impermeabilização do solo. tomando como base a classificação supervisionada da imagem de alta resolução da microbacia percebe-se que a maior parte da sua área que ocupa espaço urbano está impermeabilizada. O percentual de impermeabilização é de cerca de 51%. O CN final encontrado foi de 82,10.

Conclusão

Por este trabalho pode-se concluir que a da microbacia do Ribeirão Brejo Córrego Comprido por natureza possui baixo potencial para ocorrência de inundações devido a sua

geometria alongada. Todavia, boa parte da microbacia que cobre a região urbana possui área densamente impermeabilizada. Quando comparado com os valores apresentados na Tabela 1 que relaciona os CN para áreas urbanas, o CN da microbacia do Brejo Comprido está mais próximo das condições típicas de espaços abertos com condições pobres de cobertura vegetal.

Referências

ARAÚJO, C. M.; TROMBETA, D. C.; MARQUES, E. E.; SOUSA, J. S.; BESSA, K.; ERTZOGUE, M. H.; VIEIRA, S. L. P. O Parque Cesamar e a integridade ambiental do Córrego Brejo

- Comprido em Palmas-TO. Interface, n.6, p.49-61, 2013.
- ARRAIS, M. A. Um estudo para a preservação e uso sustentável da área verde urbana do córrego Brejo Comprido em Palmas-TO. 243f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Apostila de Hidrologia. 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, v.18, n.9, p.35-64, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313p.
- CRUZ, M. A. S. Otimização do controle da drenagem em macrobacias urbanas. 233f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- GAREN, D. C.; MOORE, D. S. Curve number hydrology in water quality modeling: Uses, abuses, and future directions. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, v.41, n.2, p.377-388, 2005.
- KOBIYAMA, M. Ruralização na gestão de recursos hídricos em área urbana. *Revista OESP Construção*, v.5, n.32, p.112-117, 2000.
- KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V. Princípios de Hidrologia e Hidráulica. UFSC/CTC/ENS. Florianópolis. (Apostila para Curso de Especialização em gestão de Recursos Hídricos). 2005.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - BRASIL. *Revista Escola de Minas*, v.54, n.2, p.121-126, 2001.
- LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.
- MENDES, F. C. Diretrizes ao planejamento urbano da bacia do Córrego Suçupara (Palmas-TO) com base em sua resposta hidrológico-hidráulica à diferentes cenários de ocupação. 163f. Dissertação (Mestrado Profissional). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2018.
- MOTA, T. U. Associação entre os métodos SCS-CN e GRADEX para cálculo de vazões máximas. 132f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.
- OLIVEIRA, W. L. M. Estudo crítico sobre o eia/rima do parque Cesamar com relação às medidas mitigadoras previstas após a sua implantação. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 1998.
- PLÉIADES. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Imagem de satélite.
- PMP. Prefeitura Municipal de Palmas. Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas – TO. Anexo III ao Decreto nº 700, de 15 de janeiro de 2014. v. III: Drenagem Urbana. Palmas. 2014.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Ambi-Água, Taubaté*, v.7, n.3, p.195-211, 2012.
- SARTORI, A. Desenvolvimento de critérios para classificação hidrológica de solos e determinação de valores de referência para o parâmetro CN. 237f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos Brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos. Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.10, n.4, p.5-18, 2005.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, v.67, n.5, p.597-646, 1956.
- SOUZA, R. M. S.; FIGUEROA, F. E. V. Análise de variáveis aplicada à gestão de recursos hídricos – caso de estudo da microbacia do córrego Brejo Comprido, Palmas – TO. *Revista Engenharia Ambiental*, v.9, n.3, p.303-319, 2012.
- SOUZA, R. M.; VERGARA, F. E.; MACIEL, G. F.; CATALUNHA, M. J. Análise da abrangência da Bacia do Córrego Brejo Comprido, Palmas-TO, a partir dos principais usos da água. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 20, 2013, Bento Gonçalves. Anais...Bento Gonçalves, 2013.
- TOMAZ, P. Cálculo hidrológicos e hidráulicos para obras municipais. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

TONELLO, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG. 69f. Tese (Doutorado em

Ciências Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975.

Capítulo 3

**PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO COALHO CAPRINO
CONDIMENTADO COM MARMELEIRO**

Rerisson do Nascimento Alves¹
Thamirys Lorraine Santos Lima²
Andressa Gonçalves de Santana Lima³
Mônica Tejo Cavalcanti⁴
Mônica Correia Gonçalves⁵

^{1,2}Mestrandos em Tecnologia Agroalimentar, UFPB/CCHSA/PPGTA/Campus Bananeiras-PB,
rerisson-alves@hotmail.com; thamirysl2012@hotmail.com

³Mestranda em Sistemas Agroindústrias, UFCG/CCTA/PPGSA/Campus Pombal, andressaariadnna@hotmail.com

^{4,5}Professoras Adjunta, UFCG/CCTA/Campus Pombal, monicatejoc@yahoo.com.br; mnygoncalves@gmail.com

Introdução

A região Nordeste do Brasil possui maior proporção de rebanho caprino (92,70%), com relação as demais regiões, além de deter a maior produção de leite de cabra (66,70%). Em termos de tamanho populacional, a Paraíba é o quinto estado nordestino, com cerca de 566,576 caprinos, equivalente a 7% da população de animais desta região (BRASIL, 2017).

O crescente aumento da população de caprinos está associado a caprinocultura leiteira que vem se tornando uma importante ferramenta econômica devido à sua rusticidade, a qual permite uma melhor adaptação às adversidades da região Nordeste, contribuindo para o desenvolvimento dos pequenos pecuaristas das zonas rurais, bem como a qualidade dos produtos que fornecem para a alimentação (HOSTES et al., 2011; OLIVEIRA, 2013).

A utilização do leite caprino tem desempenhado um papel muito importante na saúde e na nutrição dos jovens e idosos, principalmente sobre as pessoas que têm alergia ao leite de vaca, por apresentar efeitos nutricionais e terapêuticos benéficos (DÍAZ-CASTRO et al., 2012).

A partir do leite de cabra podem ser fabricados uma grande variedade de produtos, os quais fazem uso de processos simples e acessíveis aos produtores, permitindo assim diversificar o nicho de derivados de origem caprina (GARCIA et al., 2012; RIBEIRO & RIBEIRO et al., 2010).

O queijo coalho é considerado um produto artesanal que mantém características tradicionais, cuja produção segue a forma não padronizada, resultando mudanças particulares que cada fabricante faz nas etapas do processo

de fabricação (BRUNO et al., 2017; DANTAS, 2012). A produção do queijo coalho têm-se mostrado uma atividade relevante, por ser um produto alimentício de grande valor comercial e, principalmente pela simplicidade da tecnologia de fabricação e ao elevado rendimento do processo (CURI & BONASSI, 2007; SANTOS et al., 2011). O perfil aromático dos produtos lácteos de origem caprina é considerado um fator que afeta diretamente sua aceitação ou rejeição, sendo o sabor o principal critério utilizado pelos consumidores para tomar decisões para comprar e consumir queijos de leite de cabra (BEZERRA et al., 2016).

Como alternativa de aumentar a aceitação de queijos caprinos, ervas aromáticas como marmeiro tem sido adicionada, visando diversificar o sabor e inibir o odor característico do leite. Os condimentos vegetais e especiarias compreendem certas plantas ou parte delas, contendo substâncias aromáticas, sápidas, com ou sem valor nutritivo, empregados nos alimentos para modificar características sensoriais como sabor, aroma e cor (HAYALOGLU & FARKYE, 2011).

O marmeiro (*Croton Sonderianus*), é bem distribuído pelo Nordeste do Brasil, a espécie é caracterizada por folhas acentuadamente discoloradas e estíletos multífidos em 2 níveis de ramificação. É uma erva perene e aromática, apresenta atividades farmacológicas como anti-inflamatória e antioxidante, mais especificamente suas folhas são utilizadas na elaboração de chás e xaropes medicinais (NARDI et al., 2003).

A aplicação da farinha do marmeiro no queijo coalho caprino tem como finalidade melhorar a aceitabilidade, conferindo características sensoriais desejáveis,

contribuindo para agregação de valor a esse produto e ampliando sua diversificação entre diversas regiões, gerando interesse aos consumidores por ser um produto inovador com alto valor nutricional e preço acessível disponível no setor lácteo (MARCIAL et al., 2016).

Por se tratar de um produto artesanal, o queijo coalho não possui um padrão de fabricação, assim cada produtor, de acordo com suas habilidades, estrutura física e econômica, faz uma adaptação do processo, adotando pequenas alterações na forma de elaboração do produto, resultando muitas vezes em um queijo com características físico-químicas, tecnológicas e organolépticas indesejáveis (DANTAS, 2012; TRMČIĆ et al., 2016).

Nas pequenas agroindústrias do sertão paraibano, a fabricação do queijo coalho caprino condimentado, é realizada de maneira informal. A ausência de técnicas de padronização e condições higiênico-sanitárias precárias durante o processamento faz com que cheguem ao mercado um produto de baixa qualidade, colocando em risco a saúde do consumidor (COSTA, 2009; SOARES et al., 2017).

Nesse contexto, devido à variabilidade no processamento do queijo coalho caprino condimentado com marmeleiro, este estudo tem como objetivo avaliar suas características físico-químicas e microbiológicas e propor uma padronização do processo de fabricação da farinha de marmeleiro e do queijo.

Material e Métodos

Obtenção das matérias-primas

O leite caprino e as folhas do marmeleiro utilizados na análise e fabricação do queijo coalho condimentado foram obtidos na zona rural do município de Santo André localizado no sertão paraibano. Os coadjuvantes de tecnologia utilizados no processamento, foram o fermento láctico mesofílico constituído por *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* (R-704, Chr), cloreto de cálcio (0,001% v/v), coagulante líquido (HA-LA, Chr) e cloreto de sódio.

Padronização do processo

Para a padronização do processo de fabricação do queijo coalho condimentado, foram realizadas visitas técnicas na agroindústria situada em Santo André, que atua desde 2012 com beneficiamento de leite de

cabra, como principal matéria-prima utilizada na produção de produtos lácteos.

Obtenção da farinha do marmeleiro

As folhas do marmeleiro foram selecionadas e flambadas para remoção da pelugem em sua superfície. Posteriormente, foram lavadas e sanitizadas, com a finalidade de eliminar sujidades e possíveis contaminações. Em seguida secadas em forno micro-ondas (Electrolux, MEP41, Pinhais, PR, Brasil), onde foram aquecidas por dois minutos, seguidas por viragem e novamente aquecidas pelo mesmo período de tempo.

Posteriormente, as folhas foram trituradas manualmente até a formação de uma farinha com partículas de diâmetro de 2mm. Após a obtenção da farinha do marmeleiro, a mesma foi submetida à análise de granulometria, onde se utilizou 6 peneiras de aço inox (Abronziinox) com referência de tamanho ABNT nº 5, 10, 14, 18, 35 e 100, com 100 g da amostra durante 5 minutos de agitação a 70 rpm.

Avaliação físico-química da farinha e do queijo coalho

A pesquisa foi desenvolvida nas instalações do Laboratório de Tecnologia de Leite e Derivados, da Universidade Federal de Campina Grande, campus Pombal-PB em 2017.

Para avaliar as características físico-químicas da farinha do marmeleiro, utilizou-se a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005) para determinação das análises de resíduo mineral fixo (teor de cinzas) (018/IV), resíduo mineral fixo insolúvel em ácido clorídrico a 10% v/v (024/IV), e extrato alcoólico, mínimo 10% p/p (035/IV). A umidade foi determinada conforme os procedimentos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006) e a atividade de água determinada pelo aparelho Aqualab (DECAGON, SERIES 4TE). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para avaliação da qualidade físico-química do queijo os teores de acidez titulável, umidade, gordura pelo método de Gerber, cálcio total e proteínas foram determinados utilizando a metodologia descrita segundo AOAC (AOAC, 2006). A análise de sal foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Richardson (1985), e o pH pelo método potenciométrico utilizando pHmetro digital (Digimed, DM20).

Avaliação microbiológica da farinha e do queijo coalho caprino

A farinha de marmeleiro foi submetida a análises de coliformes totais e termo tolerantes através da técnica de tubos múltiplos e pesquisa de *Salmonella sp.* Para as análises da qualidade microbiológica do queijo, realizou-se a contagem de coliformes totais e termo tolerantes, *Staphylococcus coagulase positiva* e *Salmonella sp.* Todas as análises foram determinadas pela metodologia descrita por Silva et al. (1997).

Resultados e Discussão

Granulometria da farinha do marmeleiro

Na distribuição granulométrica da farinha do marmeleiro, observa-se que, 47% do produto classifica-se como material grosso com partículas de 2mm (mesh10), seguido de 20% de material semi fino com partículas com tamanho de 1,4mm (mesh14), e 33% do material apresenta partículas com grau de divisão variando de 1 a 0,15mm (mesh18, 35 e 100), que corresponde à material fino, segundo descrito pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2010) para classificação de materiais em pó.

O diâmetro médio adequado da farinha do marmeleiro é 1,4mm (mesh 14) de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2010), visto que, as partículas com esse diâmetro são classificadas como semi fina, sendo o tamanho propício para a fabricação dos queijos tipo coalho condimentado, enquanto as partículas com diâmetro 2mm (mesh 10) são caracterizadas visualmente como material grosso e que quando adicionado ao queijo poderia influenciar nas características

sensoriais do produto, principalmente a aparência. As demais medidas com diâmetro de 1, 0,5 e 0,15 é classificado como material superfino, o que acarreta maior área de contato com o queijo, podendo proporcionar um produto final com forte sabor de marmeleiro (Figura 1).

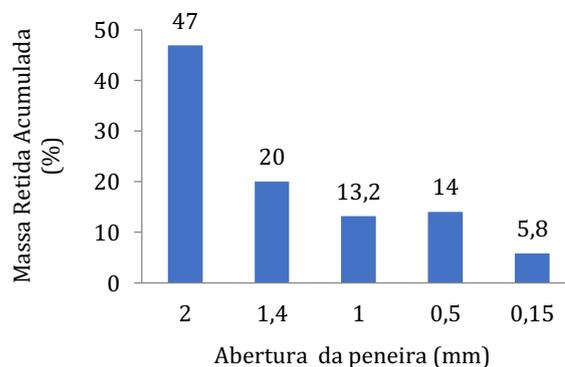


Figura 1. Histograma da análise de distribuição granulométrica da farinha do marmeleiro.

Padronização do processo de fabricação do queijo

Com as visitas técnicas, foi possível acompanhar todas as etapas do processamento do queijo e da farinha do marmeleiro para obtenção e levantamento de informações necessárias para realizar a padronização do sistema de produção de acordo com a metodologia adotada pelos pequenos produtores.

O processamento do queijo de leite de cabra tipo coalho condimentado com marmeleiro, foi padronizado de acordo com as etapas descritas no fluxograma (Figura 2).

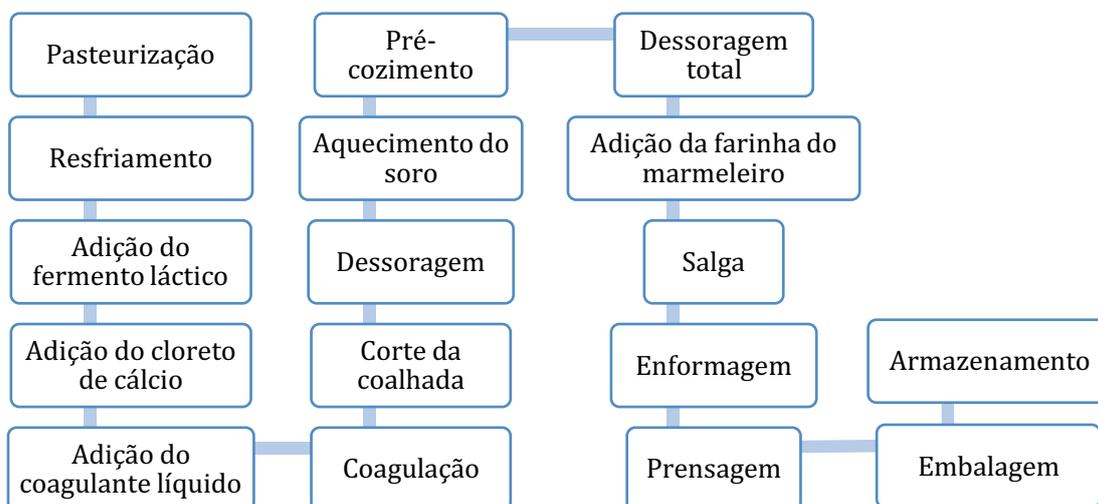


Figura 2. Fluxograma de padronização.

O leite caprino foi pasteurizado a uma temperatura de 65°C por 30 minutos, em seguida resfriado até 35°C. Após o resfriamento, procedeu-se a adição do fermento láctico (1,0% p/v), composto pela cultura láctica mesofílica constituída por *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* e *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* (R-704, Chr. Hansen do Brasil, Valinhos, SP, Brasil), cloreto de cálcio (0,001%, v/v) e adição de 0,001% (v/v) de coagulante líquido (HA-LA, Chr. Hansen do Brasil) em quantidade suficiente para coagular o leite em 35 minutos.

Após a coagulação, ocorreu o corte da coalhada, seguido por dessoragem parcial, na sequência o soro retirado foi aquecido até 75°C, onde foi adicionado a massa para promover o pré-cozimento para que a mesma atingisse a temperatura de 40°C no tanque, na qual permaneceu em repouso por 5 minutos.

Posteriormente, realizou-se a dessoragem total, procedendo com adição de 0,125% (p/p) da farinha do marmeleiro na massa, seguido da salga (0,01% p/v). Os queijos foram enformados e submetidos a prensagem manual onde permaneceram por 24 h. Após a prensagem os queijos foram embalados à vácuo e armazenados sob refrigeração, a 10°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), conforme recomendação do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo de Coalho (BRASIL, 2001).

Avaliação físico-química da farinha e do queijo

As variáveis físico-químicas da farinha do marmeleiro estão apresentadas na Tabela 1. Com relação a farinha de marmeleiro ainda não há parâmetros estabelecidos na legislação brasileira para comparação com os valores obtidos.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão da caracterização físico-química da farinha do marmeleiro

Parâmetros	Médias \pm desvio
Umidade (%)	3,85 \pm 0,49
Cinzas (%)	9,24 \pm 1,63
Cinzas Insolúveis (%)	0,48 \pm 0,17
Extrato Alcoólico (%)	46,70 \pm 2,68
Atividade de água	0,37 \pm 0,019

Para o teor de cinzas totais, observa-se o valor de 9,24%, sugerindo uma excelente fonte de minerais. O valor das cinzas insolúveis encontrado é de 0,48% e pode estar relacionado com a pureza e a qualidade da farinha do marmeleiro. De acordo com Azevedo (2011), a determinação de cinzas insolúveis em ácido clorídrico destina-se à detecção de contaminantes como resíduo de terra ou areia, que em quantidade acima da estabelecida para a matéria-prima vegetal influencia negativamente na qualidade do condimento.

Na avaliação do extrato alcoólico, observa-se o valor médio de 46,70%, constatando que a farinha de marmeleiro é rica em compostos fenólicos, conforme Khoddami et al. (2013) podendo atuar como antioxidante natural inibindo a formação de radicais livres.

Avaliando os resultados da umidade e atividade de água, verifica-se que estes apresentam-se baixos, visto que a aplicação do tratamento térmico diminui a disponibilidade de água no interior do produto, que conforme Syamaladevi et al. (2016) gera condições desfavoráveis para o desenvolvimento de

microrganismos e de reações químicas e enzimáticas, garantindo maior estabilidade para a matéria-prima vegetal.

Os resultados médios registrados para a composição do queijo coalho pode ser visualizado na Tabela 2. A acidez (% de ácido láctico) do queijo apresenta valor de 0,62%, este se deve à adição de culturas lácticas que promove a fermentação da lactose.

O valor de pH apresenta comportamento similar com valores encontrados por Lima et al. (2017) com resultado médio de (6,02 \pm 0,03) para queijo coalho condimentado. É de fundamental importância a determinação do pH em queijos, já que este apresenta enorme influência na textura e na vida microbiana, afetando assim a maturação, visto que enzimas de origem microbiana, como lipases, proteinases e peptidases, dependentes do pH, necessitam de um potencial de hidrogênio para a sua atividade, catalisando as reações químicas da maturação (ANDRADE, 2006; SOUSA et al., 2014).

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão da composição físico-química do queijo Coalho caprino condimentado com marmeleiro

Parâmetros	Médias ± desvio
Acidez (% de ácido láctico)	0,62 ± 0,02
pH	6,82 ± 0,037
Umidade (%)	46,97 ± 0,35
Sal (%)	1,36 ± 0,032
Gordura (%)	27,50 ± 1,80
Cálcio Total (mg/100g)	560 ± 0,07
Proteína Total (%)	24,83 ± 1,20

O valor obtido para o teor de umidade está de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos (BRASIL, 1996) classificando o queijo como de alta umidade (46,0 e 54,9%). Convergente com os dados obtidos por Silva et al. (2010), que classificam os queijos de coalho desenvolvidos no Sertão de Alagoas como de alta umidade. O alto teor de umidade determinado no queijo coalho de leite de cabra pode estar associado pela maior presença de soro proteínas desnaturadas, as quais tendem a aumentar a capacidade de retenção de água dos queijos (SANTOS et al., 2011).

Com relação ao conteúdo de sal, constata-se valor de 1,36%, onde maiores concentrações de sal contribuem para a redução da carga microbiana, além de diminuir a quantidade de água disponível para proteólise. Segundo Filho et al. (2009) o sal é considerado como um parâmetro importante na qualidade de queijos coalho, atribuindo nas características sensoriais como sabor e aparência desejáveis. Em relação ao teor de cálcio o valor encontrado foi 560 (mg/100g). Conforme Lima et al. (2017), analisando o teor de sal e cálcio em queijo coalho condimentado com cumaru, obteve valores de (1,01% ± 0,01) e 323,0 mg/100g, respectivamente, sugerindo que o queijo tipo coalho condimentado com ervas aromáticas é uma alternativa para melhorar a qualidade nutricional deste produto.

O teor de gordura é de 27,50%, esse valor classifica o queijo como semi gordo (25 a 44,9%) (BRASIL, 1996), resultado este inferior ao obtidos por Silva et al. (2010), que ao analisarem queijos de coalho produzidos em Alagoas, encontraram percentual médio variando de 36,59 a 48,16%, de gordura, porém próximo ao encontrado por Santos et al. (2006), que constataram-se teor de 24,4% de gordura em amostras de queijos de coalho produzidos no estado de Sergipe.

O teor proteico apresenta percentual médio de 24,83% no queijo produzido. Sheehan

et al. (2009) analisando o efeito da substituição total do leite bovino por leite caprino nas características físico-químicas de queijos, obteve valor proteico (23,32%) similar determinado nesta pesquisa. De acordo com Fontan (2013) o conteúdo de proteínas pode variar em função do leite utilizado como matéria-prima, bem como a tecnologia empregada. Uma característica relevante do queijo coalho é apresentar uma composição nutricional rica em proteínas de alto valor biológico, além de minerais como cálcio e fósforo, favorecendo a apreciação por uma diversidade de regiões no Brasil.

Avaliação microbiológica da farinha do marmeleiro e do queijo Coalho caprino condimentado

Na avaliação da qualidade microbiológica da farinha do marmeleiro, os valores médios para contagem de coliformes totais e termo tolerantes são < 0,3 NMP g⁻¹, e com a ausência de *Salmonella sp* em 10 g da amostra, no entanto observa-se que não há parâmetro para comparação da qualidade microbiológica na legislação brasileira. Entretanto, a aplicação de boas práticas e o uso do tratamento térmico garantiu maior qualidade para a farinha do marmeleiro.

O queijo apresenta valor médio para coliformes totais de 2,1x10³ (NMP.g⁻¹) e para coliformes termo tolerantes de 1,7x10³ (NMP.g⁻¹) estando em conformidade com os padrões estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos (BRASIL, 1996) que estabelece para queijos de alta umidade contagens de coliformes totais até 1x10⁴ NMP.g⁻¹ e coliformes termotolerantes até 5x10³ NMP.g⁻¹. Em consonância, Souza et al. (2011) constataram-se contagens desses microrganismos em queijo coalho condimentado com cumaru produzido na Região do Cariri Paraibano, com valores de contagem para coliformes totais ≥2,4x10³ (NMP.g⁻¹) e termotolerantes oscilando entre 0,3x10¹ e ≥2,0x10³ (NMP.g⁻¹). A contagem de

microrganismos do grupo coliformes indica as condições de higiene em que os alimentos são processados (MARTIN et al., 2016).

Para a contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, o valor determinado é de 10 (UFC.g⁻¹), apresentando-se dentro dos limites preconizados pela legislação brasileira (BRASIL, 1996) que permite valor máximo de 1×10^3 (UFC.g⁻¹). Resultado superior foi reportado por Meneses et al. (2012), que analisaram o efeito das condições higiênicos-sanitárias sobre o perfil microbiológico de queijo de coalho, na qual constatou-se valor de $1,9 \times 10^1$ (UFC.g⁻¹), indicando que a falta de padronização e condições de higiene insatisfatórias são mecanismos que afetam diretamente na qualidade final do produto. Este microrganismo é responsável pela intoxicação alimentar, causada pela ingestão de alimentos contendo toxinas microbianas pré-formadas, as quais são produzidas por uma proliferação intensa de patogênicos no alimento (BAILONE & ROÇA, 2016).

Com relação ao patógeno *Salmonella* sp constata-se ausência em (25 g) no queijo coalho caprino condimentado, apresentando-se de acordo com o estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 1996), sugerindo que o controle adequado inserido na tecnologia de processamento eliminou riscos de contaminação para o queijo produzido.

Conclusão

A elaboração do queijo Coalho caprino condimentado com farinha de marmeleiro é viável pois apresentou componentes nutricionais desejáveis. A padronização das etapas de processamento do queijo tornou possível, identificar e controlar os pontos críticos do processo de fabricação, contribuindo na obtenção de um produto lácteo com qualidade microbiológica segura.

O perfil físico-químico e a qualidade microbiológica da farinha do marmeleiro analisados, podem fornecer subsídios para o controle de qualidade dessa matéria-prima vegetal, além de auxiliar no desenvolvimento de novas pesquisas científicas.

Referências

ANDRADE, A. A. de. Estudo do perfil sensorial, físico-químico e aceitação de queijo de coalho produzido no estado do Ceará. 104p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18 ed. Washington, 2006. 364p.

AZEVEDO, F. L. Avaliação da qualidade de diferentes marcas de chá verde (*Camellia sinensis*) comercializadas em Salvador-Bahia. 111f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2011.

BAILONE, R. L.; ROÇA, R. O. Análises físico-químicas e microbiológicas oficiais em queijo mussarela e ricotta de leite de búfala. Ciência & Tecnologia, v.8, p.1-13, 2016.

BEZERRA, T. K. A.; ARCANJO, N. M. O.; ARAÚJO, A. R. R.; QUEIROZ, A. L. M.; OLIVEIRA, M. E. G.; GOMES, A. M. P.; GOMES, A. M. P.; MADRUGA, M. S. Volatile profile in goat coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. LWT- Food Science and Technology, v.76, p.209-215, 2016.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Desenvolvimento Regional. Bases para o plano nacional de desenvolvimento da rota do cordeiro. Brasília: 2017. 116p.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Farmacopeia Brasileira, v.1. Brasília, 2010. 546p.

BRASIL. Instrução Normativa nº 146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 de mar. 1996. Seção 1, p. 3977. Disponível em: <http://brasil.minagri.gov.br/wp-content/uploads/2012/08/Adjunto-n%C2%BA15-Portaria-146_96.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. Instrução Normativa nº 30, de 26 de junho de 2001. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Manteiga da Terra ou Manteiga de Garrafa; Queijo de Coalho e Queijo de Manteiga, conforme consta dos Anexos desta Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 de jul. 2001. Seção 1, p.13. Disponível em: <http://brasil.minagri.gov.br/wp-content/uploads/2012/08/Adjunto-n%C2%BA15-Portaria-146_96.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BRUNO, L. M.; MARCÓ, M. B.; CAPRA, M. L.; CARVALHO, J. D. G.; MEINARDI, C.; QUIBERONI, A. Wild Lactobacillus strains: Technological characterisation and design of coalho cheese lactic culture. International Journal of Dairy Technology, v.70, p.572-582, 2017.

- COSTA, S. L. Avaliação do controle de qualidade do queijo coalho em laticínios. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Gestão da Qualidade Vigilância Sanitária em Alimentos). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Paú dos Ferros, 2009.
- CURI, R. A.; BONASSI, I. A. Elaboração de um queijo análogo ao pecorino romano produzido com leite de cabra e coalhada congelados. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.171-176, 2007.
- DANTAS, D. S. Qualidade microbiológica do queijo de coalho comercializado no município de Patos, PB. 80f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Campina Grande. Patos, 2012.
- DÍAZ-CASTRO, J.; PÉREZ-SÁNCHEZ, L. J.; LÓPEZ-FRÍAS, M. R.; LÓPEZALIAGA, I.; NESTARES, T.; ALFÉREZ, M. J.; OJEDA, M. L.; CAMPOS, M. S. Influence of cow or goat milk consumption on antioxidant defence and lipid peroxidation during chronic iron repletion. *The British Journal of Nutrition*, v.108, p.1-8, 2012.
- FILHO, J. R. F.; FILHO, J. S. S.; OLIVEIRA, H. B.; ANGELO, J. H. B.; BEZERRA, J. D.C. Avaliação da qualidade do queijo coalho artesanal fabricado em Jucati- PE. *Revista Eletrônica de Extensão*, v.6, p.36-46, 2009.
- FONTAN, G. C. R. Queijo de coalho light: produção, caracterização físico-química, sensorial e reológica. 97f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.
- GARCIA E. F.; OLIVEIRA, M. E. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MACHADO, T. A. D.; SOUZA, E. L. Development and quality of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v.68, p.947-956, 2012.
- HAYALOGLU, A. A.; FARKYE, N. Y. Cheese with added herbs spices and condiments. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, v.1, p.783-789, 2011.
- HOSTES, H.; SOTIRAKI, S.; TORRES-ACOSTA, J. F. J. Control of endoparasitic nematode infections in goats. *Veterinary Clinics of Northe America: Food Animal Practice*, v.27, p.163-173, 2011.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4. Ed. São Paulo, v.1, 2005. 1008p.
- KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. *Molecules*, v.18, p.2328-2375, 2013.
- LIMA L. S. L.; ALVES, R. N.; CAVALCANTI, M. T.; ROCHA, T. C.; GONÇALVES, M. C. Padronização do processamento de queijo Coalho caprino condimentado com cumaru produzido por agroindústria na Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.12, n.3, p.562-567, 2017.
- MARCIAL, G. E.; GEREZ, C. L.; KAIRUZ, M. N.; ARAOZ, V. C.; SCHUFF, C.; VALDEZ, G. F. Argentinean cheese elaboration: Effect on lactic starter cultures. *Revista Argentina de Microbiología*, v.48, p.229-235, 2016.
- MARTIN, N. H.; TRMČIĆ, A.; HSIEH, T.; BOOR, K. J.; WIEDMANN, M. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. *Frontiers in Microbiology*, v.7, p.1549, 2016.
- MENESES, R. B.; CARDOSO, R. C. V.; GUIMARÃES, A. G.; GÓES, J. A. W.; SILVA, S. A.; ARGOLO, S. V. O comércio de queijo de coalho na orla de Salvador, Bahia: Trabalho infantil e segurança de alimentos. *Revista de Nutrição*, v.25, v.3, p.381-392, 2012.
- NARDI, G. M.; FELIPPI, R.; DALBO, S.; SILQUEIRA-JUNIOR, J. M.; ARRUDA, D. C.; DELLE-MONACHE, F.; TIMBOLA, A. K.; PIZZOLATTI, M. G.; CKLESS, K. RIBEIRO-VALLE, R. M. Anti-inflammatory and antioxidant effects of Croton celtidifolius bark. *Phytomedicine*, v.10, p.176-184, 2003.
- OLIVEIRA, M. E. G. Queijo de coalho caprino adicionado de bactérias lácticas: elaboração, caracterização e avaliação *in vitro* de potencial probiótico. 154f. Tese (Doutorado em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.
- RIBEIRO, A. C.; RIBEIRO, D. A. Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*, v.89, p.225-233, 2010.
- RICHARDSON, G. H. Standard methods for examination of dairy products. American Public Health Association, Washington, 1985. 210p.
- SANTOS, J. S.; JALALI, V. R. R.; CASTRO, A. A.; SILVA, G. F.; SANTANA, M. M.; SANTOS, R. D. Avaliação da qualidade físico-química dos queijos artesanais produzidos no estado de Sergipe. *Higiene Alimentar*, v.21, n.150, 2006.
- SANTOS, B. M.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUSA, Y. R. F.; MADUREIRA, A. R. M. F. M.; PINTADO, M. M. E.; GOMES, A. M. P. SOUZA, E. L.; QUEIROGA, M. M. E. Caracterização físico-química e sensorial de queijo de coalho produzido com mistura de leite de cabra e de leite de vaca. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v.70, p.302-310, 2011.
- SHEEHAN, J. J.; PATEL, A. D.; DRAKE, M. A.; MCSWEENEY, P. L. H. Effect of partial or total substitution of bovine for caprine milk on the

compositional, volatile, non-volatile and sensory characteristics of semi-hard cheeses. *International Dairy Journal*, v.19, n.9, p.498-509, 2009.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. *Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos*. São Paulo, 1997. 295p.

SILVA, M. C. D.; RAMOS, A. C. S.; MORENO, I.; MORAES, J. O. Influência dos procedimentos de fabricação nas características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de queijo de coalho. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v.69, n.2, 2010.

SOARES, E. K. B.; ESMERINO, E. A.; FERREIRA, M. V.; SILVA, M. A. A. P.; FREITAS, M. Q.; CRUZ, A. G. What are the cultural effects on consumers' perceptions? A case study covering *coalho* cheese in the Brazilian northeast and southeast area using word association. *Food Research International*, v.108, p.553-558, 2017.

SOUZA, E. L.; COSTA, A. C. V.; GARCIA, E. F.; OLIVEIRA, M. E. G.; SOUZA, W. H.; QUEIROGA, R. C. R. E. Qualidade do queijo de leite de cabra tipo

Coalho condimentado com cumaru (*Amburana cearensis* A.C. Smith). *Brazilian Journal Food Technology*, v.14, n.3, p.220-225, 2011.

SOUSA, A. Z. B.; ABRANTES, M. R.; SAKAMOTO, S. M.; SILVA, J. B. A.; OLIVEIRA, L. P.; LIMA, R. N.; PASSOS, Y. D. B. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.81, p.30-35, 2014.

SYAMALADEVI, R. M.; TANG, J.; VILLA-ROJAS, R.; SABLANI, S.; CARTER, B.; CAMPBELL, G. Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.15, p.353-370, 2016.

TRMČÍČ, A.; CHAUHAN, K.; KENT, D. J.; RALYEA, R. D.; MARTIN, N. H.; BOOR, K. J.; WIEDMANN, M. Coliform detection in cheese is associated with specific cheese characteristics, but no association was found with pathogen detection. *Journal of Dairy Science*, v.8, p.6105-6120, 2016.

Capítulo 4

PROPORÇÃO E CORRELAÇÃO DE ÍONS COM A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, SERRA DA BORBOREMA-PB

**Augusto Fontes de Sousa¹
Soahd Arruda Rached Farias²**

¹Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fontes-augusto@hotmail.com

²Dra. Professora, UFCG, Campina Grande-PB, soahd.ufcg@gmail.com

Introdução

A água é um recurso fundamental para a manutenção da vida em nosso planeta, no entanto, mesmo sendo dois terços da superfície terrestre coberta por água, apenas uma fração desta água é doce. A Agência Nacional de Águas (ANA, 2017) estima que, de toda a água existente 97,5% é salgada não sendo adequada ao nosso consumo direto e nem mesmo para a irrigação. Dos 2,5% de água doce, a maior parcela (69%) é de difícil acesso, pois estão localizadas nos polos em forma de geleiras, 30% são água subterrâneas, ou seja, armazenadas em aquíferos, e apenas 1% são encontradas nos rios, sendo assim de fácil acesso. Portanto, o uso deste bem precisa ser gerido de forma a não prejudicar nenhum dos diversos usos que ela tem para a vida humana.

Abrangendo aproximadamente um quinto do território nacional, a região semiárida é composta por 1.262 municípios de acordo com a delimitação atual da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017). O clima, semiárido, predominante nesta região é caracterizado pelas chuvas escassas e irregulares com médias anuais entre 250 e 800mm anuais (PEIXOTO et al., 2016). Justamente por estar sujeito as condições deste clima rigoroso a grande maioria dos municípios da Paraíba está exposta diretamente aos efeitos das condições climáticas, tornando, assim, necessário o uso de todos os recursos hídricos disponíveis para que seja possível a convivência nesta região. Neste sentido, o uso da água subterrânea tornou-se indispensável para a permanência das famílias residentes, principalmente na zona rural (AGUIAR, 2015).

A qualidade da água está relacionada a sua composição e o conhecimento dos efeitos causados pelos seus constituintes. O conjunto destes constituintes nos permite estabelecer padrões de qualidade, classificando a água de acordo com a sua finalidade de uso humano, dessedentação animal e irrigação. Segundo Freitas et al. (2013), a disponibilidade dos

recursos subterrâneos para um específico tipo de uso, depende principalmente da qualidade físico-química e bacteriológica da água.

Segundo Ayers e Westcot (1991) citado por Silva et al. (2011), para o uso da água na dessedentação animal e irrigação, o principal fator indicativo de que esta é apropriada para estes fins, é a condutividade elétrica, pois, a maioria dos sais dissolvidos apresentam em sua composição compostos inorgânicos como cloretos, carbonatos, sulfatos, bicarbonato de cálcio, magnésio e sódio. No caso de alguns destes compostos aparecerem em excesso, podem causar efeitos danosos para animais, plantas e até mesmo para solo.

De acordo com Daker (1970) citado por Guimarães et al. (2016), em todas as águas superficiais ou subterrâneas existem um determinado teor de sais em solução, porém nas regiões áridas e semiáridas, essa concentração é ainda maior em decorrência dos longos períodos secos. Essa característica aponta para a necessidade de se conhecer melhor a composição destas águas, para que seja possível determinar a melhor maneira de utilizá-la.

Um fator a ser levado em consideração é que a pecuária e a agricultura no semiárido são do tipo familiar e localizada, geralmente, distante dos grandes centros urbanos o que dificulta a caracterização da água utilizada. Este fator demonstra a importância de se obter outros métodos para a determinação dos teores de sais e as suas respectivas concentrações a partir da condutividade elétrica, facilmente determinada em campo, segundo Farias (2016), com a determinação da condutividade elétrica da água a partir um condutivímetro portátil pode-se empregar equação obter uma estimativa do teor de sais na fonte, permitindo enquadrar a água para o destino adequado.

O objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade das águas subterrâneas nos municípios de Boa Vista, Cubati, Olivedos, Pedra Lavrada, Soledade, São Vicente do Seridó e Tenório, Estado da Paraíba, relacionados às

proporções de íons principais encontrados na água.

Material e Métodos

Caracterização da área

A área em estudo é composta por 7 municípios, Boa Vista, Cubati, Olivedos, Pedra Lavrada, Soledade, São Vicente do Seridó e Tenório, localizados no estado da Paraíba; destes o mais distante é Tenório localizado a 200,9 km da capital paraibana, a área constituída pelos municípios está inclusa nas mesorregiões geográficas do Agreste Paraibano e da Borborema. De acordo com Francisco (2015) a classificação de Köppen o clima que envolve esta área é do tipo Bsh-árido quente com chuvas de inverno, caracterizando-se por possuir pluviosidade anual baixa e com grande irregularidade na distribuição temporal.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), juntos estes municípios possuem uma área de 2.224,9 Km² o que representa 3,9% do território paraibano com uma população de 52.075 habitantes de acordo com o último censo realizado em 2010. O censo agropecuário realizado pelo IBGE (2017) identificou os principais rebanhos existentes nesta área sendo destacados os caprinos, ovinos, bovinos, e suínos além da criação de aves. Os rebanhos de caprinos ovinos e bovinos, juntos, totalizam 97.217 (cabeças), a criação aves (galinhas) 74.819 (cabeças), e o rebanho suíno possui um plantel de 7.541 (cabeças).

De acordo com a classificação de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) (Figura 1), as ordens de solos que predominam na área são os Planossolos, Neossolos e Luvisolos.

Segundo a EMBRAPA (2006) os solos pertencente a ordem dos Planossolos são aqueles que possuem como características uma alta saturação por sódio, limitação da percolação da água, horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, ou seja, formada por rochas do mesmo local da formação, textura mais leve, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila. A ordem dos Neossolos engloba os solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B. Portanto são solos jovens, rasos, com pouco desenvolvimento pedogenético e que apresenta o horizonte A, diretamente sobre a rocha.

Os solos da ordem dos Luvisolos são encontrados em boa parte do território brasileiro, com uma maior predominância na região semiárida. Conforme a EMBRAPA (2006) são solos de profundidade mediana, com cores de vermelhas a acinzentadas, horizonte B textural ou nítrico abaixo de horizonte A, fraco moderado ou horizonte E, argila de atividade alta e alta saturação por bases. Estes solos podem variar de modernamente ácidos a ligeiramente alcalinos, sendo usado na região semiárida principalmente para a pecuária extensiva.

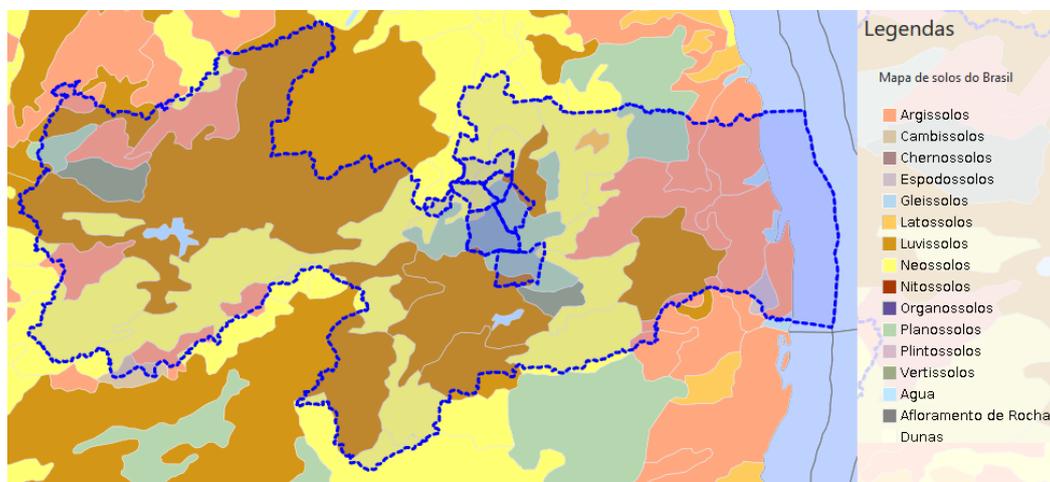


Figura 1. Solos da Paraíba. Fonte: Adaptado de INDE (2019).

Obtenção e tratamento dos dados

As amostras de água foram obtidas no período de janeiro a junho do ano de 2016. As águas provenientes de poços tubulares foram

coletadas 10 amostras em cada município, totalizando 70 amostras.

Após a coleta as amostras, com identificação, foram enviadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da Universidade

Federal de Campina Grande (UFCG), onde foi realizada as análises conforme método da APHA (2012) avaliando os valores de pH, condutividade elétrica (CEa), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), presença de sulfato (SO_4^{2-}) RAS.

Estatística descritiva

Com posse dos dados gerados pelas análises, aloucou-se estes em planilhas do software Microsoft® Office Excel® 2016, em que aplicando funções de estatística básica, foi possível obter os valores de média, desvio padrão, máximo, mínimo e coeficiente de variação para cada um dos parâmetros obtidos em laboratório.

Correlação dos valores de condutividade elétrica e íons

A correlação entre a condutividade elétrica da água em dS m^{-1} e os íons de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato e cloreto em mg L^{-1} e também com a soma dos íons totais, pode-se obter o coeficiente de determinação (R^2), obtido pelo ajuste do modelo potencial aos dados. O coeficiente de determinação é um indicador utilizado para avaliar a qualidade do ajuste de uma linha de regressão podendo variar entre 0 e 1, indicando, percentualmente, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados (ALMEIDA, 2015).

Proporção de sais

Com as concentrações individuais dos íons presentes nas águas subterrâneas resultantes da análise laboratorial, foi feito o somatório das concentrações dos cátions (cálcio, magnésio, sódio, potássio) em mg L^{-1} , em seguida, calculou-se a porcentagem que cada um destes representa em relação ao somatório total dos cátions, obtendo, assim, uma relação percentual das concentrações para as 70 amostras individuais. Subsequentemente foi calculada a média do percentual representativo de cada íon cátion englobando todas as amostras, obtendo-se, assim, uma proporção percentual entre os cátions das águas da região. Também se calculou os valores de desvio padrão e coeficiente de variação destes parâmetros.

A fim de observar o comportamento das proporções de sais, realizou-se a separação das amostras em faixas baseadas nos valores de

condutividade elétrica, obtendo assim as respectivas proporções. As amostras foram divididas em três faixas de condutividade elétrica, a primeira delas até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$; seguindo classificação da University of California Committee of Consultants (UCCC, 1974). Para águas com limite de baixo a moderado de salinidade, quanto a toxicidade das plantas na irrigação, e de faixa intermediária de uso para dessedentação animal, muito satisfatória para o bovino de $3,0$ a $8,0 \text{ dS m}^{-1}$, porém, com certa limitação para aves e animais não acostumados, e uma a terceira faixa variando de $8,0 \text{ dS m}^{-1}$ até o máximo valor de condutividade observado em dS m^{-1} , águas que possuem uso com elevada limitação na dessedentação animal também utilizando a orientação conforme a National Academy of Science (1972; 1974) citado por Ayers e Westcot (1999), adaptada.

Classificação das amostras

Consumo humano

A classificação das amostras de água em relação a potabilidade foi realizada verificando as três variáveis disponíveis, obtidas na análise laboratorial, sendo elas pH, cloreto e sódio, e comparando com os limitantes determinados pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017).

Dessedentação animal

A verificação das amostras em relação a qualidade de água para a dessedentação animal foi realizada seguindo as recomendações da Academia Nacional de Ciências dos EUA (1972) citado por Ayers e Westcot (1999), onde o parâmetro a ser verificado é a condutividade elétrica. Esta classificação é realizada através da separação em faixas de condutividade elétrica, podendo a qualidade da água variar de excelente, adequada para todas as classes de gados e aves confinadas, até o uso não recomendado para nenhuma das classes de animais.

Se a condutividade elétrica excede $6,6 \text{ dS m}^{-1}$ nas águas para o gado bovino e 10 dS m^{-1} em águas para ovinos, estas devem também ser classificadas em relação a concentração de magnésio. Portanto, as amostras foram classificadas seguindo as recomendações da Australian Water Resources Council (1969) citado por Ayers e Westcot (1999).

Irrigação

A classificação das águas para fins de irrigação foi realizada seguindo a proposta recomendada pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), formulada pelo Comitê dos Consultores da Universidade da Califórnia (UCCC, 1974) citado por Ayers e Westcot (1999). Os critérios de classificação baseiam-se no grau de restrição do uso da água de acordo com os potenciais problemas relacionado a salinidade, infiltração, toxicidade de íons específicos entre outros. Analisando os parâmetros de condutividade elétrica, RAS, bicarbonato, cloreto e sódio, é possível determinar a restrição de uso da água na irrigação superficial e por aspersão.

Resultados e Discussão

Análise da estatística descritiva

O Nordeste enfrentou um longo período de estiagem entre os anos de 2012 a 2015,

sendo considerada a pior seca das últimas décadas (MARENGO et al., 2016). A Figura 2, elaborada a partir de dados pluviométricos disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), ilustra as médias pluviométricas para este intervalo de 4 anos, juntamente com os dados da climatologia.

Na Figura 2 pode-se observar-se que, todos os municípios possuem médias para os 4 anos inferiores a climatologia, destacando Tenório e Pedra Lavrada com médias de 278 e 187mm, com médias máximas e mínimas no intervalo de 4 anos. De acordo com a climatologia observa-se na Figura 2, que Olivedos e Pedra Lavrada possuem a maior e a menor climatologia com 471 e 359,4mm, respectivamente. As condições pluviométricas destacam a dificuldade de recarga dos corpos hídricos subterrâneos e a possível concentração dos sais neste intervalo de grande estiagem.

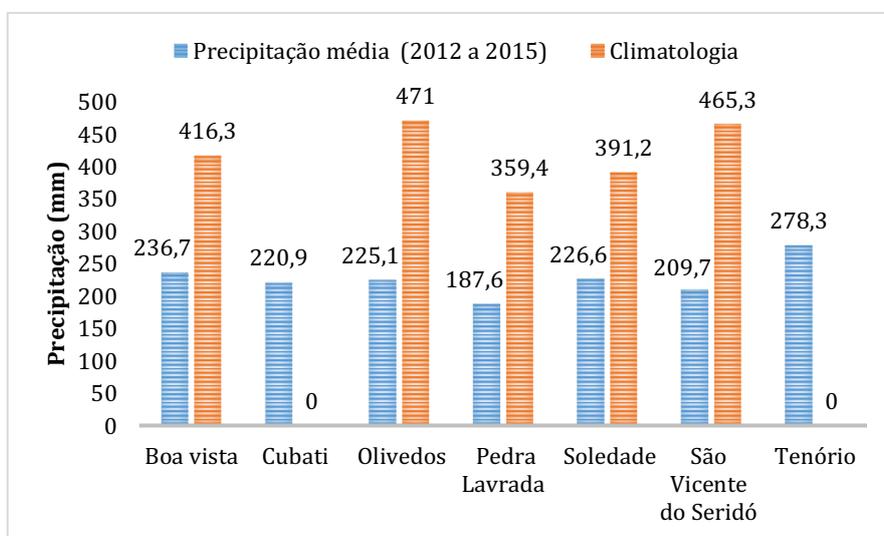


Figura 2. Precipitação média de 2012 a 2015 e climatologia dos municípios.

A estatística descritiva das análises das águas subterrâneas foi realizada e seus resultados podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva das análises das águas subterrâneas

Total de amostras (70)	CEa lab (dS m ⁻¹)	Cálcio (mg L ⁻¹)	Magnésio (mg L ⁻¹)	Sódio (mg L ⁻¹)	Potássio (mg L ⁻¹)	Carbonato (mg L ⁻¹)	Bicarbonato (mg L ⁻¹)	Cloreto (mg L ⁻¹)
Média	7,44	245,90	314,69	1023,50	25,28	36,89	345,10	2574,67
Desvio Padrão	5,35	350,69	233,71	795,97	17,45	50,36	149,72	2245,55
Máximo	25,03	2672,40	1116,24	4231,54	99,84	207,60	670,39	10551,31
Mínimo	0,40	6,20	18,00	60,95	3,12	0,00	16,47	94,79
Coefficiente de variação	71,91	142,62	74,27	77,77	69,03	136,52	43,38	87,22

De acordo com a média da condutividade elétrica (7,44 dS m⁻¹) e do magnésio (314,69 mg L⁻¹), segundo recomendações da Australian Water Resources Council (1969) citado por Ayers e Westcot (1999), a água caracteriza-se como de uso recomendado para dessedentação de bovinos de corte e ovinos alimentados com feno. Ainda relacionado aos dados de média, visualiza-se na Tabela 1 que, o sódio, magnésio e o cálcio, são os íons que apresentam concentrações de 1023,50; 314,69 e 245,90 mg L⁻¹, respectivamente, além da concentração do cloreto ser a maior dentre os íons avaliados, ela é superior à do bicarbonato. Essa característica segundo Gomes et al. (2016), são de águas cloretadas sódicas.

Os altos valores do desvio padrão representa a não uniformidade dos componentes responsáveis pela salinidade da água, ou seja, uma alta dispersão em torno da média. Farias et al. (2017) apontam que, a não homogeneidade entre as fontes de água pode estar relacionada as diferentes condições de recarga, armazenamento e da dinâmica do fluxo subterrâneo do meio fissural.

Referindo-se aos valores de máximos e mínimos, destaca-se a condutividade elétrica que possui uma variação de 0,40 a 25,03 dS m⁻¹. Esta variação exemplifica a existência de fontes que seriam de excelente qualidade para a dessedentação animal e irrigação, e também

aponta a presença de outras fontes altamente salinas que seriam impróprias para estes fins. No entanto, estas águas não adequadas ainda poderiam ser utilizadas para a produção de forragem, utilizando a planta hálófito *Atriplex numulária*, que tolera elevados níveis de salinidade de até 57,0 dS m⁻¹ (FAO, 1996).

O coeficiente de variação mostra-se bastante elevado em todos parâmetros observados. Na Tabela 1 pode se observar que, os valores máximos e mínimos para este coeficiente foram observados dentre os íons de cálcio e bicarbonato, com valores iguais a 142,62 e 43,38%, respectivamente. Farias et al. (2017) estudando a qualidade de águas subterrâneas do município de Boa Vista-PB, também encontraram coeficiente de variação elevado para cálcio e bicarbonato, com valores respectivos de 81,1 e 51,0%.

Proporções de sais principais das águas

A proporção entre os cátions pode ser visualizada na Tabela 2. Observa-se que, o sódio com valores de 63,50% é o cátion com maior representatividade na água, o magnésio é o segundo cátion com maior proporção com valor de 20,59%, o cálcio aparece com 13,73% sendo, assim o terceiro cátion em maior concentração e o potássio se mostra presente nestas águas com apenas 2,18%.

Tabela 2. Condutividade elétrica e proporções de sais, proporções em % a partir de valores em mg L⁻¹

CEa (0,4 - 25,03)	CEa (dS m⁻¹)	Calcio (%)	Magnésio (%)	Sódio (%)	Potássio (%)	Total de amostras
Média	7,44	13,73	20,59	63,50	2,18	
Desvio Padrão	5,35	7,85	6,84	11,44	1,67	70
Coeficiente de variação	71,91	57,19	33,25	18,02	76,61	

Observa-se pelos resultados obtidos que os valores de Na⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺ > K⁺ apresentam-se na seguinte proporção 63:21:14:2, não similar ao resultado encontrado por Medeiros (1992), onde foi observado que Na⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺ seguindo a proporção 64:20:14:2.

Observa-se que, após estes valores obtidos por Medeiros (1992), os pesquisadores trabalharam em diversos estudos fazendo o uso da proporção 7:2:1 (Na⁺:Ca²⁺: Mg²⁺) em largo uso para caracterização das águas do semiárido,

a exemplo de Nobre et al. (2003), Melo et al. (2016) e Araújo et al. (2018).

Na Tabela 3, observa-se os resultados da Condutividade elétrica e proporções de sais entre diferentes faixas de condutividade. Destaca-se que, as proporções médias dos cátions se mantêm próximas das que foram obtidas na Tabela 2, mesmo variando as quantidades de amostras em cada intervalo; independentemente das condutividades elétricas médias observadas nos intervalos.

Tabela 3. Condutividade elétrica e proporções de sais entre diferentes faixas de condutividade, %, a partir de valores em mg L⁻¹

CEa (0,4 - 3,0)	CEa (dS m ⁻¹)	Calcio (%)	Magnésio (%)	Sódio (%)	Potássio (%)	Total de Amostras
Média	1,87	11,65	21,79	63,14	3,42	12
Desvio Padrão	0,84	8,00	9,21	14,50	2,08	
Coefficiente de variação	45,05	68,67	42,28	22,96	60,79	
CEa (3,0 - 8,0)	CEa (dS m ⁻¹)	Calcio (%)	Magnésio (%)	Sódio (%)	Potássio (%)	36
Média	5,39	13,88	21,41	62,32	2,39	
Desvio Padrão	1,42	7,47	7,00	11,283	1,61	
Coefficiente de variação	26,31	53,79	32,7	18,09	67,26	
CEa (8,0 - 25,03)	CEa (dS m ⁻¹)	Calcio (%)	Magnésio (%)	Sódio (%)	Potássio (%)	22
Média	13,83	14,63	18,59	65,63	1,16	
Desvio Padrão	4,76	8,18	4,09	9,32	0,57	
Coefficiente de variação	34,44	54,49	25,98	14,20	49,45	

Correlações entre os principais sais presentes nas águas subterrâneas

O comportamento do cálcio em relação a condutividade elétrica pode ser observado na Figura 3, ajustado pelo modelo potencial. O comportamento apresenta um coeficiente de determinação de 0,7735, o que indica uma existência de correlação positiva entre o cálcio e a condutividade elétrica. Para condutividades acima de 10 dS m⁻¹ observa-se uma maior dispersão entre os pontos, ocasionando uma queda na correlação. O coeficiente de determinação é semelhante ao encontrado por Medeiros (1992) quando realizou o estudo das águas de poços amazonas, açudes e rios perenizados nos estados do Ceará, Paraíba e Rio

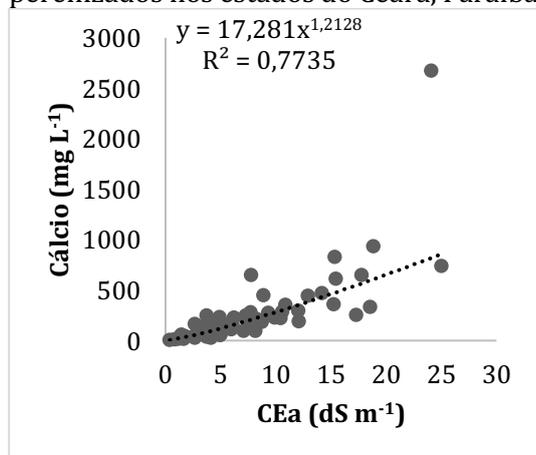


Figura 6. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Cálcio.

A Figura 5 apresenta a distribuição da concentração de sódio das águas subterrâneas em relação a sua respectiva condutividade elétrica, nela observa-se que, o modelo potencial se ajusta de maneira bastante

Grande do Norte, cujo valor foi igual a 0,779 para o mesmo modelo.

A Figura 4 ilustra a correlação positiva do magnésio com a condutividade elétrica, apresentando um coeficiente de determinação igual a 0,772. Também pode-se observar que, a maior parte das amostras encontram-se localizadas entre 0 e 500 mg L⁻¹ para valores de concentração de magnésio.

Farias et al. (2017) obtiveram um coeficiente de determinação de 0,807 em seu estudo da qualidade de águas subterrâneas do município de Boa Vista, porém utilizando o modelo linear.

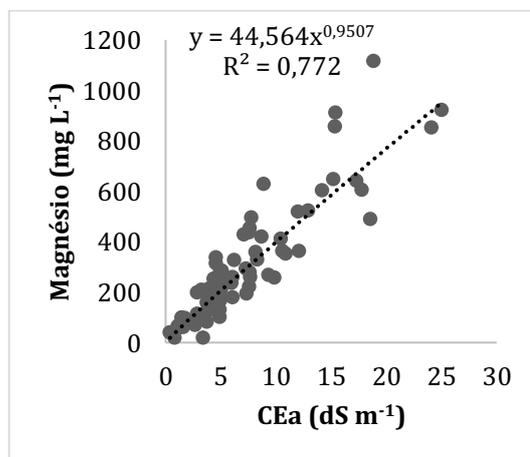


Figura 7. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Magnésio.

satisfatória aos dados, gerando um coeficiente de determinação de 0,906. Medeiros (1992), obteve um coeficiente de determinação de 0,947 envolvendo os mesmos parâmetros para o modelo de regressão potencial.

A partir da Figura 6, nota-se que, o potássio apresenta um comportamento sem correlação significativa com a condutividade da água, não sendo possível gerar uma equação que seja capaz de reproduzir o comportamento do potássio nas águas subterrâneas. Segundo

Rocha (2008) o íon potássio tende a ser fixado pela argila de forma irreversível, justificando, assim, os baixos valores deste íon em águas subterrâneas e a não correlação com a condutividade elétrica.

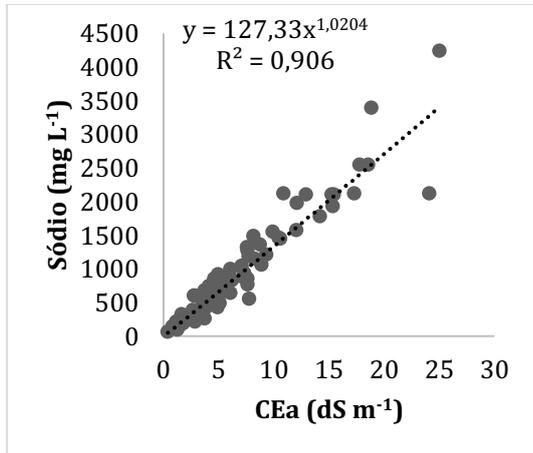


Figura 8. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Sódio.

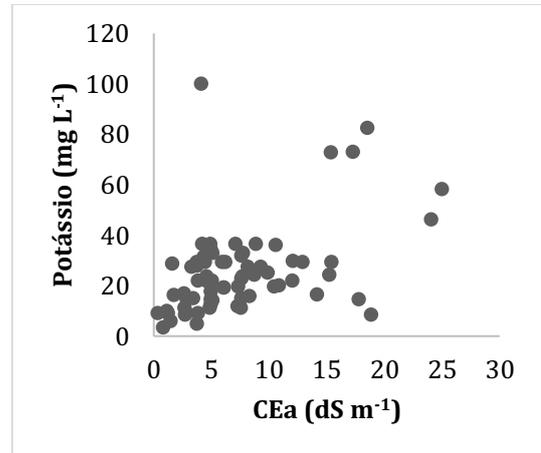


Figura 9. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Potássio.

O carbonato e o bicarbonato (Figuras 7 e 8), não demonstram correlação com a condutividade elétrica da água. No entanto é possível verificar que, o bicarbonato possui

concentrações em sua maioria superior à do carbonato. Resultados semelhantes aos obtidos por Farias et al. (2017).

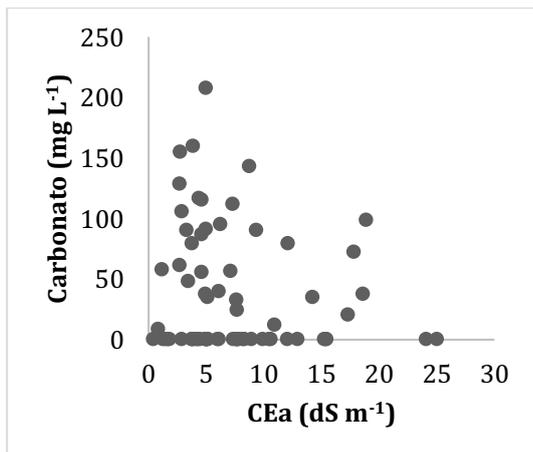


Figura 10. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Carbonato.

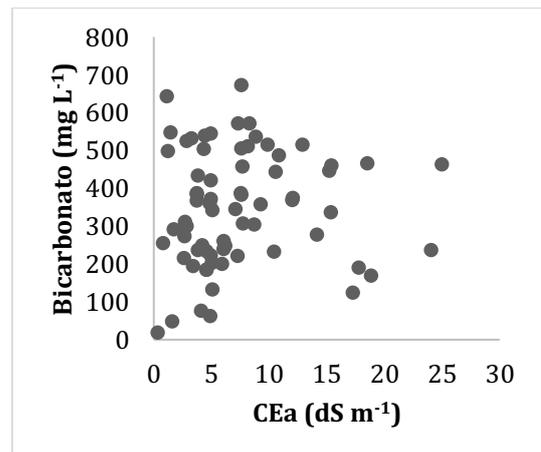


Figura 11. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Bicarbonato.

Na Figura 9 verifica-se a distribuição das concentrações de cloreto versus a condutividade elétrica, podendo observar correlação entre as concentrações de cloreto e a condutividade. O coeficiente de determinação de 0,9758 demonstra uma forte correlação entre as concentrações do cloreto com a condutividade. Este coeficiente é capaz de explicar que 97,58% da variância das concentrações de cloreto através da variação da condutividade elétrica.

A Figura 10 é a representação da soma dos íons totais presente nas águas em relação a condutividade elétrica, nesta pode-se verificar que, o coeficiente de determinação é de 0,9879, representando uma forte correlação positiva entre os parâmetros dos íons totais com a condutividade, assim, a equação obtida pelo modelo de regressão potencial é representativa para a obtenção dos dados do somatório dos íons totais da água a partir da condutividade elétrica da mesma.

Medeiros (1992) e Farias et al. (2017) encontraram correlações fortes entre o íon cloreto e a condutividade elétrica da água, com valores de 0,980 (modelo potencial) e 0,9675 (modelo linear), respectivamente.

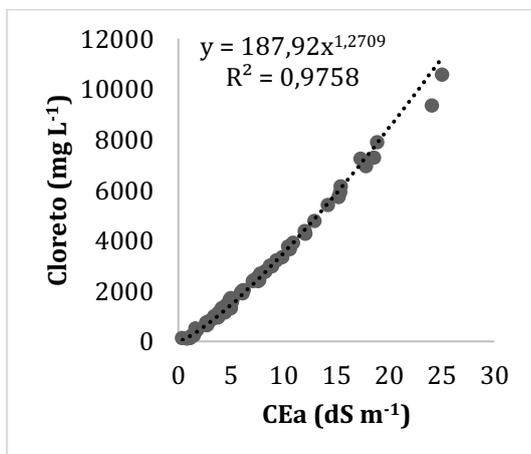


Figura 12. Correlação de condutividade elétrica da água e o íon Cloreto.

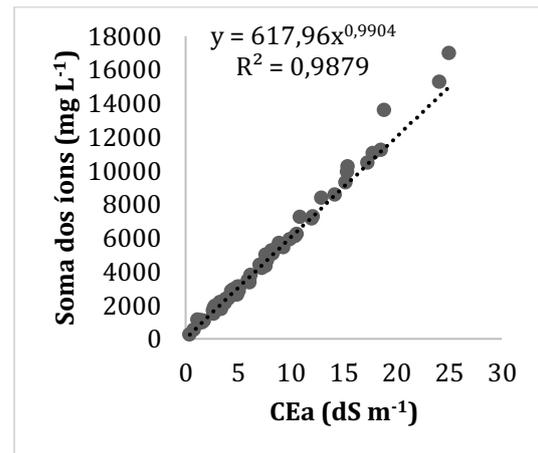


Figura 13. Correlação de condutividade elétrica da água com a Soma dos íons.

Classificação das águas subterrâneas Análise da qualidade para o consumo humano

Com os resultados das análises das águas subterrâneas obtido, pode-se observar que, das 70 amostras analisadas, apenas 3 são aprovadas em todos os parâmetros limitantes, ou seja, dentre os parâmetros obtidos pela análise laboratorial apresentam-se dentro do limite de potabilidade o pH entre 6,0 e 9,5, cloreto abaixo de 250 mg L⁻¹ e sódio abaixo de 200 mg L⁻¹. Portanto 4,3% do total das amostras podem ser classificadas como potável, uma vez que possuem os parâmetros dentro dos padrões definidos

Na Figura 11, verifica-se a quantidade de amostras reprovadas, e a quantidade de parâmetros que não atendem os limites determinados para potabilidade, assim, pode-se observar que 63 amostras (90% do total) são reprovadas em 2 dos 3 parâmetros, 3 amostras (4,3%) são reprovadas em um dos limitantes, seja pH, cloreto ou sódio, e reprovada em todos os critérios da portaria é apenas uma das amostras, ou seja, 1,4% do total.

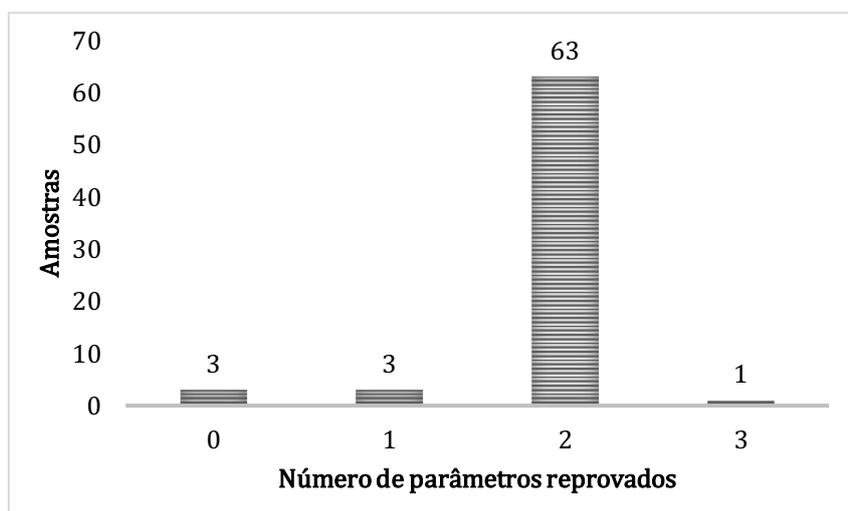


Figura 14. Verificação da potabilidade segundo a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde.

Uma vez classificadas as amostras de acordo com os critérios estabelecidos para a potabilidade, buscou-se verificar em quais parâmetros foram responsáveis pela não aprovação destas (Figura 12). Em relação ao pH apenas 2 amostras apresentam-se fora dos padrões determinados, não sendo recomendada para o consumo. Essa não aprovação de apenas 2 das 70 amostras em relação ao pH, vai de acordo com Feitosa e Manoel Filho (2008), que destacaram que, entre a maioria das águas subterrâneas o pH permanece entre 5,5 e 8,5 e em apenas excepcionais casos podem variar entre 3 e 11.

Ainda de acordo com a Figura 12, as amostras classificadas como não potáveis por exceder o limite de 200 mg L⁻¹ para o sódio, e 250 mg L⁻¹ para o cloreto, apresentam o mesmo índice de reprovação 65, ou seja, 92,86% amostras. O que difere de Feitosa e Manoel Filho (2008), no qual destacaram que em águas subterrâneas a concentração de sódio varia em geral, entre 0,1 e 100 mg L⁻¹ e a concentração de

cloreto geralmente apresentam teores inferiores a 100 mg L⁻¹.

Resultados semelhantes foram obtidos por Farias et al. (2016) que avaliando a qualidade de água de poços tubulares para consumo humano no município de Boa Vista, Paraíba, determinaram que em 98,18% das amostras analisadas, os níveis de cloreto apareceram muito acima do permitido, variando de 44,38 a 5888,38 mg L⁻¹, portanto, classificadas como não potável.

De acordo com Sawyer et al. (2003), concentrações de cloreto razoáveis não são prejudiciais à saúde humana, porém em concentrações acima de 250 mg L⁻¹ causa sabor salgado a água, o que a torna desagradável. Em muitas áreas do mundo que sofrem com a escassez da água, muitas fontes contendo concentrações acima de 2000 mg L⁻¹ são usadas com propósito doméstico sem que ocorra efeitos adversos à saúde. No entanto altas taxas de cloreto associados com altas concentrações de cálcio, magnésio, sódio ou potássio podem ser nocivos à saúde (MENDES et al., 2008).

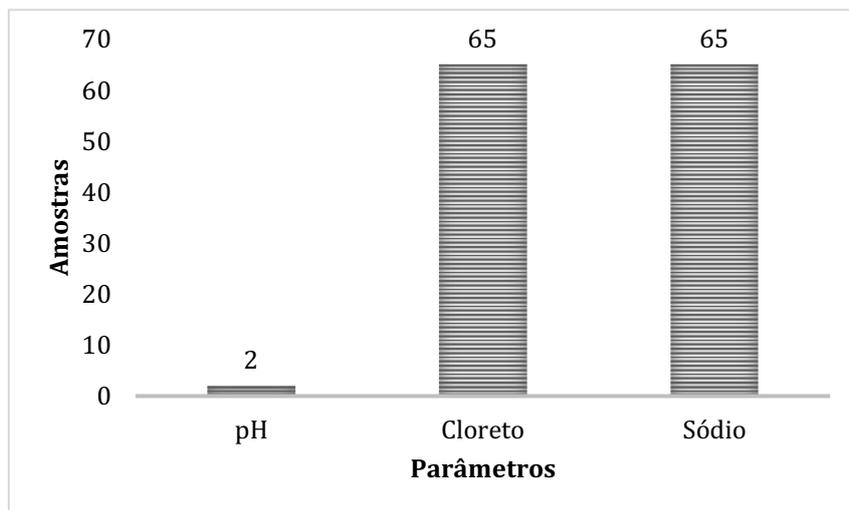


Figura 15. Quantidades de amostras reprovadas por parâmetros.

Análise da qualidade das águas subterrâneas para dessedentação animal

Na Figura 13, pode-se observar as quantidades de amostras pertencente a cada intervalo de condutividade. Assim, 5 amostras (7,14%), se mostram de excelente qualidade para dessedentação de animais; 26 amostras (37,14%), estão localizadas entre a faixa de condutividade 1, 5 a 5,0 dS m⁻¹. Estas são classificadas como sendo muito satisfatórias para dessedentação, no entanto, podem causar diarreias temporárias ao gado ainda não adaptado e provocar excrementos aquosos em aves; 17 amostras (24,29%) são satisfatórias para o gado, mas não satisfatória para aves. Essas águas podem não ter aceitabilidade por

animais não acostumados e até mesmo causar diarreias temporárias, já em aves, além de provocar excrementos aquosos, também aumenta a mortalidade e redução do crescimento, especialmente em perus; 9 amostras (12,86%) encontram-se com a condutividade elétrica entre 8,0 e 11,0 dS m⁻¹. Nesta faixa a água é classificada como sendo de uso limitado para o gado, sendo necessário evitar que fêmeas prenhas e em lactação consumam esta água, além desta não ser apta para aves; 7 amostras (10%) são de uso muito limitado, estando entre 11,0 e 16,0 dS m⁻¹ de condutividade, e 6 amostras (8,57%) são classificadas como impróprias para a dessedentação animal.

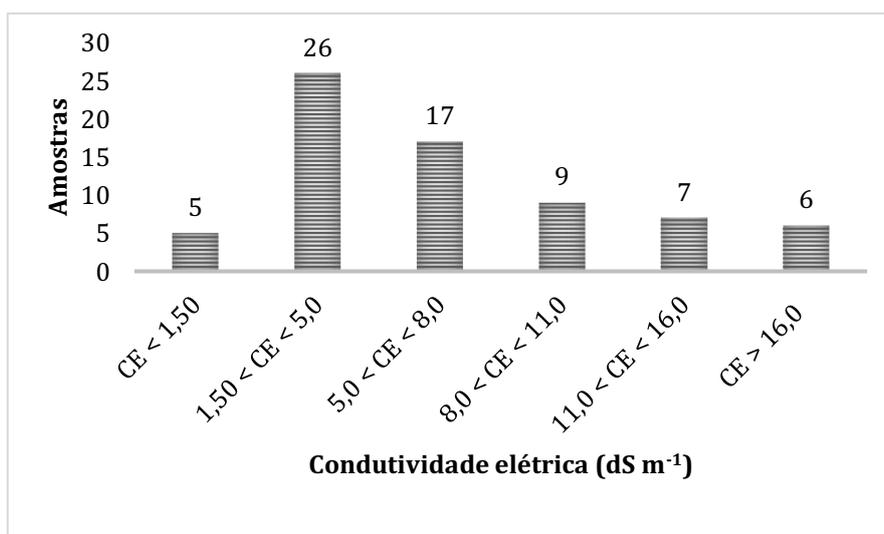


Figura 16. Classificação para dessedentação animal de acordo com condutividade elétrica.

Ayers e Westcot (1999), destacaram que com exceção do magnésio, os íons responsáveis pela salinidade da água, não são muito tóxicos em sua maioria, e que o magnésio deve ser considerado como limitante, sobretudo, quando

a salinidade ultrapassa 6,6 dS m⁻¹ nas águas para o gado bovino, e 10 dS m⁻¹ nas águas para ovinos. Como observa-se na Figura 13, representativa porcentagem das amostras excedem os limites, sendo então necessário a

utilização da classificação da água em relação ao magnésio, Figura 14.

Na Figura 14 observa-se que, 34 amostras (48,6%) são classificadas como sendo recomendadas para todas as classes de animais, pois a concentração de magnésio está abaixo de 21 meq L⁻¹, já classificadas como impróprias para dessedentação de qualquer classe animal, possuindo concentração de magnésio superior a 41 meq L⁻¹, são 13 amostras (18,57%). As porcentagens encontradas são superiores as observadas por Dantas et al. (2016) que, avaliando os teores de sais em poços tubulares no município de Cubati, PB identificaram que,

em 40% das águas dos poços analisados poderiam ser utilizadas por todas as classes de animais, enquanto que 10% foram restritas para o fim de dessedentação.

Ainda na Figura 14 observa-se que, 51 amostras (72,9%) aparecem com concentração de magnésio menor que 33 meq L⁻¹, estas são recomendadas como próprias para dessedentação bovina, sem nenhuma restrição para esta classe. Com a concentração de magnésio abaixo de 41 meq L⁻¹ identifica-se 57 amostras (81,4%). Estas estão aptas para a dessedentação de ovinos.

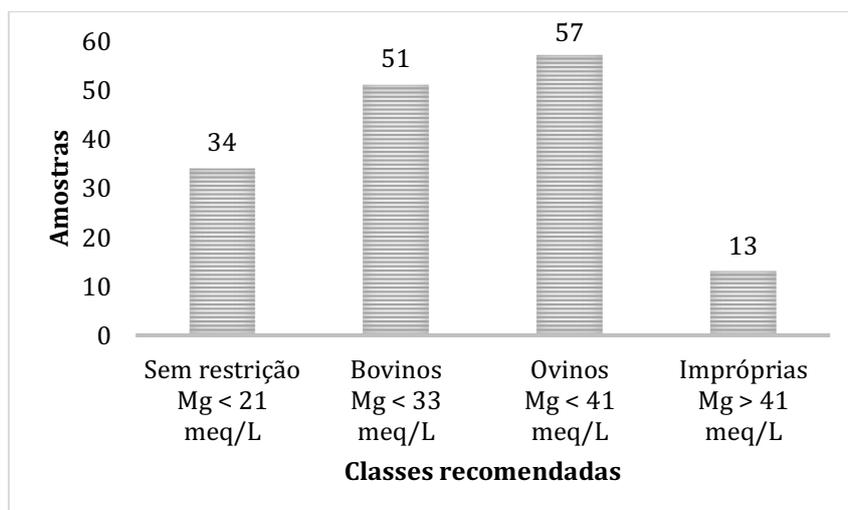


Figura 17. Classificação para dessedentação animal em relação ao teor de magnésio.

Classificação de águas subterrâneas para fins de irrigação

Na Figura 15 pode-se ver que, em relação ao pH, 7% (5,0 amostras) estão classificadas

com problemas em relação a este parâmetro; 93% (65 amostras) se encontram com o pH na faixa recomendada para irrigação.

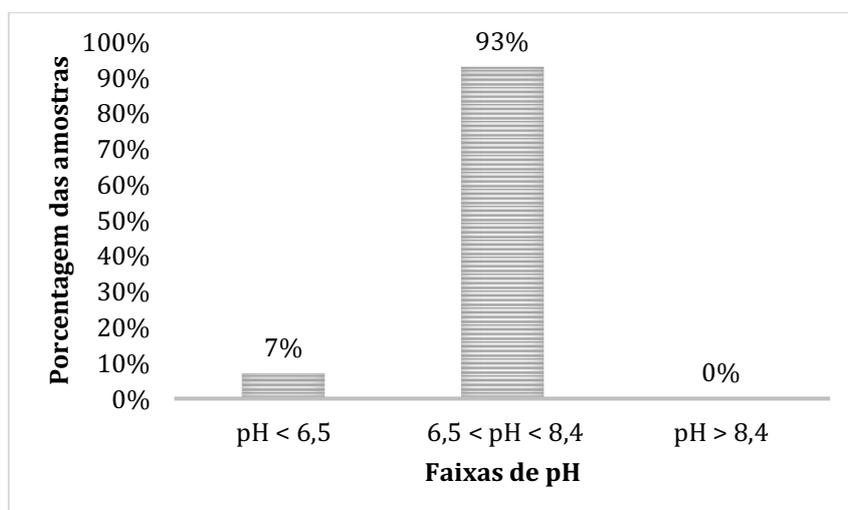


Figura 18. pH de acordo com UCCC.

Segundo Ayers e Westcot (1999), o pH é um indicador de acidez ou basicidade de uma amostra de água, no entanto, este por si só raramente é um problema. Ainda de acordo com estes autores, o pH para a água de irrigação se encontra entre 6,5 a 8,4, e que um valor anormal é um aviso de que essa água necessita de uma avaliação mais rigorosa, pois pode conter algum íon tóxico.

As amostras de água com pH abaixo de 6,5 são classificadas como sendo águas ácidas. Silva

et al. (2011) destacam que, valores de pH baixos podem causar corrosão de componentes metálicos do sistema de irrigação por aspersão.

Quanto ao risco de problemas relacionado à salinidade no solo (Figura 16), pode-se observar que 1% das águas não apresentam nenhum risco em relação a este parâmetro; 16% estão classificadas como de baixo ou médio risco, e 83% classificadas como sendo de risco de salinização severa.

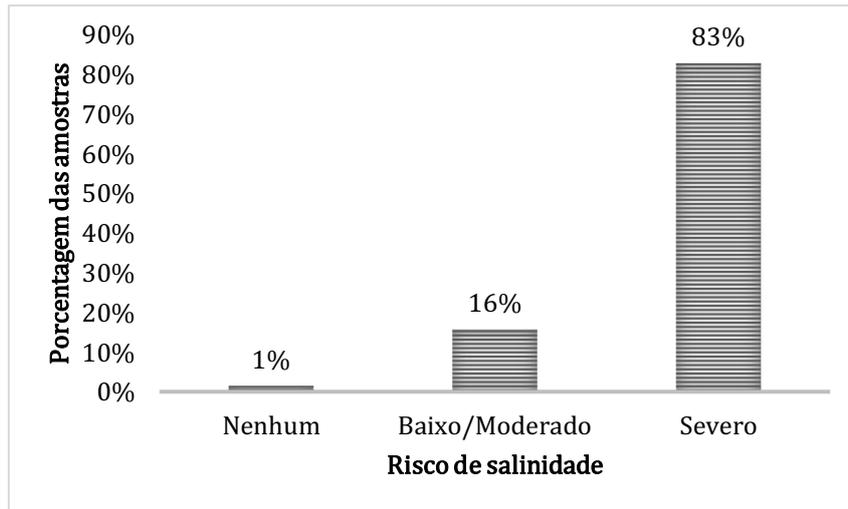


Figura 19. Risco de salinidade de acordo com UCCC.

Potenciais problemas com relação a infiltração foram analisados e de acordo com os resultados obtidos (Figura 17), 94% das águas não possuem nenhuma restrição para irrigação. Em relação à infiltração, também é possível

notar que 6% possuem risco de baixo a moderado, e 0% onde nenhuma amostra, possui risco severo com potenciais problemas com a infiltração.

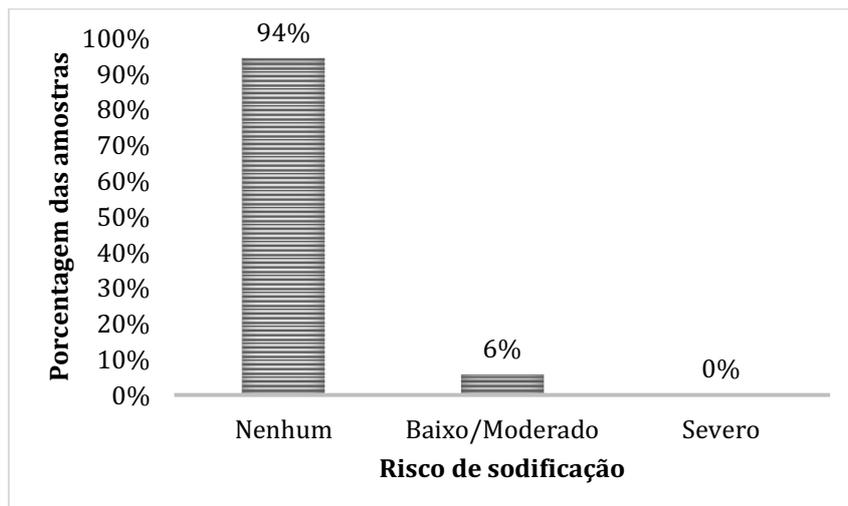


Figura 20. Risco de sodificação de acordo com a UCCC.

A Figura 18 permite a visualização do potencial de risco causado pela toxicidade do sódio e do cloreto na irrigação por superfície. Em relação ao sódio pode-se observar a

predominância de risco baixo a moderado, e severo com porcentagens de 39 e 54% respectivamente, já águas sem possíveis problemas relacionado ao sódio são apenas 7%.

Em relação ao cloreto pode-se verificar a predominância de águas com severos problemas ocasionados pela alta concentração deste íon, 93% das águas analisadas de acordo com a UCCC apresentam potenciais problemas

na irrigação por superfície; já águas que não representam nenhum risco e com risco baixo a moderado, apresentam apenas 7% das amostras.

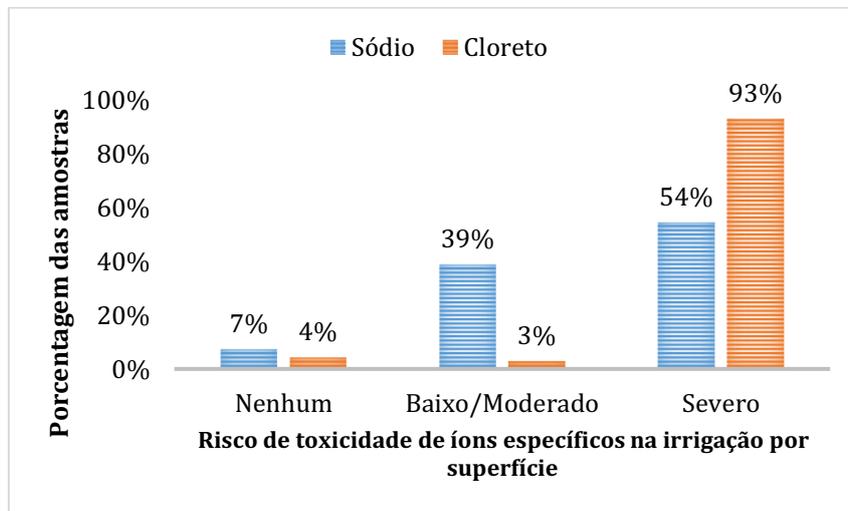


Figura 21. Toxicidade de íons específicos na irrigação por superfície.

Para irrigação por aspersão além do sódio e cloreto verificou-se também o bicarbonato, Figura 19. Nela pode-se visualizar a predominância de águas com risco baixo a moderado com porcentagens de 99; 96 e 80%, respectivamente, para sódio, cloreto e bicarbonato. Com problemas severos em relação a esses íons, só se apresenta o bicarbonato com 14%. Já as águas que não possuem nenhum problema para a irrigação por aspersão relacionado a toxicidade, possuem respectivas valores de 1; 4 e 6% para o sódio, cloreto e o bicarbonato.

Os resultados observados mostram a predominância de águas com risco de baixo a moderado em relação aos íons sódio, cloreto e bicarbonato na irrigação por aspersão. Farias (2016), encontrou resultados semelhantes no estudo dos teores de sais em águas subterrâneas no município de Boa Vista-PB, com valores de 100% para o sódio, 96,51% para o cloreto, e bicarbonato com 83,72%, representando risco baixo a moderado da toxicidade em relação a estes íons na irrigação por aspersão.

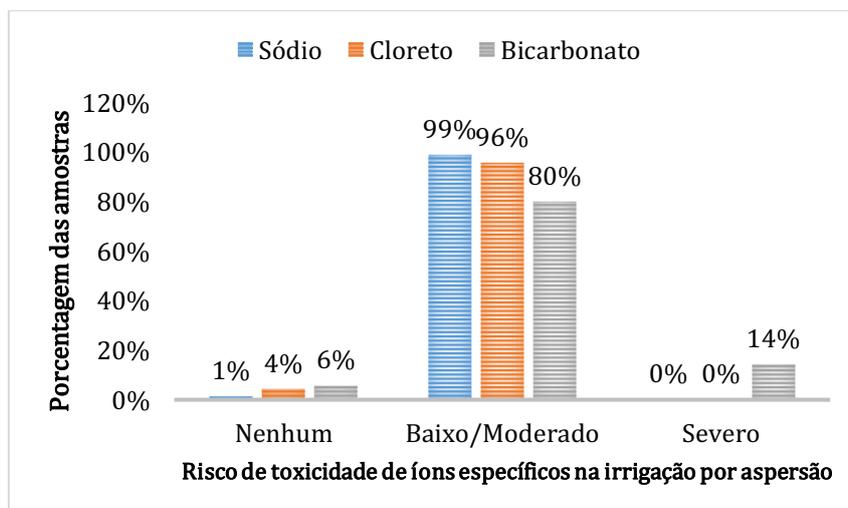


Figura 22. Toxicidade de íons específicos na irrigação por aspersão.

Conclusão

Os valores médios obtidos para a condutividade elétrica e os íons sais presentes nas águas foram bastante elevados, com grades valores de coeficiente de variação, indicando a não confiabilidade na caracterização do valor médio frequente na região, destacando-se o cloreto como íon que possuiu o maior valor médio de concentração nas águas estudadas, com valor igual a 2.574,67 mg L⁻¹.

A proporção média de cátions encontrada, nas 70 amostras, foi 63:21:14:2 na respectiva ordem Na⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺ > K⁺.

As equações obtidas pelo modelo potencial adequado aos dados de cálcio, magnésio, sódio, cloreto, e pela soma dos íons em relação a condutividade elétrica da água, geraram equações com coeficiente de determinação R² superior a 0,772.

As águas se mostraram em sua grande maioria imprópria para o consumo humano. Em relação a dessedentação animal quanto ao magnésio, apenas 48,6% das fontes possuíram recomendações para todas as classes animais, enquanto outras 18,57% foram classificadas como impróprias. Para fins de irrigação 83% das amostras apresentaram severos riscos relacionados a salinização do solo.

Referências Bibliográficas

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2019. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 25 de junho de 2019.

AGUIAR, S. C. A relevância da água subterrânea para as famílias de Gado Bravo-PB diante da vulnerabilidade do município. 109f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2017.

ALMEIDA, O. A. Qualidade da Água de Irrigação. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Cruz das Almas. 1 ed. 2010. 228p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Situação da Água no Mundo. 2017. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/>>. Acesso em: 25 junho de 2019.

APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22nd Editions, 2012.

ARAÚJO, S. C. A.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; ALMEIDA, L. L. S.; PINHEIRO, F. W. A.; ELIAS, J. J. Produção de porta-enxerto de cajueiro irrigado com águas salinizadas e adubação potássica. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.12, p.2519-2528, 2018.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. FAO. GHEYI. H. R.; MEDEIROS, J. F. DE. (Trad.). ANA/UFPB. Campina Grande-PB, 1991. 218p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A Qualidade da água na agricultura. Estudos, irrigação e drenagem. 2. Ed. Campina Grande. UFPB. 1999. 153p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, 28 de setembro de 2017. Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Distrito Federal, 28 de setembro de 2017. Disponível em: <<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 19 de junho de 2019.

DAKER, A. A água na agricultura: captação, elevação e melhoramento da água. São Paulo: Livraria Freitas Bastos. 1970. 379p.

DANTAS, C. C. F. S.; CARVALHO, R. O.; FARIAS, S. A. R. Avaliação dos teores de sais em poços tubulares no município de Cubati-PB. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, 2016, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2016.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FAO. Estudos de caso de espécie vegetal para zonas áridas y semiáridas de Chile y México. Santiago: FAO-Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1996. 143p. (FAO. Zonas Áridas e Semiáridas: 10).

FARIAS, D. S. C. R. Avaliação espacial e temporal dos teores de sais nas águas subterrâneas no município de Boa Vista-PB. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.

FARIAS, D. S. C. R.; FARIAS, S. A. R.; DANTAS NETO, J. Avaliação de água de poços tubulares para consumo humano no Município de Boa Vista, Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.11, p.08-14, 2016.

FARIAS, D. S. C. R.; FARIAS, S. A. R.; DANTAS NETO, J. Qualidade de água subterrânea para dessedentação animal. Novas Edições Acadêmicas, 2017. 60p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3. ed. rev. e amp. Rio de Janeiro: CPRM; LABHIH, 2008. 812p.

- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, p.1006-1016, 2015.
- FREITAS, H. B.; SILVA, C. T. S.; SILVA, F. J. F.; SILVA, K. F. N. L.; FERREIRA, L. C. C.; NOGUEIRA, J. L. S.; SANTOS, F. S. S. Avaliação do monitoramento das águas subterrâneas usadas para abastecimento humano na comunidade de Morrinhos, Aracati-Ceará. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 20, 2013, Bento Gonçalves. Anais...Bento Gonçalves, 2013.
- GOMES, M. C. R.; CAVALCANTE, I. N.; SILVA, M. P. Análise qualitativa das águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará. *Estudos Geológicos*, v.26, p.62-76, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. Dados do Censo 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 de junho de 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 de junho de 2019.
- INDI. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, 2019. Disponível em: <<https://www.inde.gov.br/>>. Acesso em: 19 de junho de 2019.
- MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P. M.A.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanálise*, v.4, p.49-54, 2016.
- MEDEIROS, J. F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados do RN, PB e CE. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1992.
- MELO, E. N.; NOBRE, R. G.; PINHEIRO, F. W. A.; SOUZA, L. P.; ELIAS, J. J.; ARAÚJO, S. C. A. Fitomassa de porta-enxerto de aceroleira sob irrigação com águas salinizadas e adubação nitrogenada. In: *Simpósio de Manejo de Água e Solo*, 1, 2016, Mossoró. Anais... Mossoró, 2016.
- MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B. Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo, PB. *Revista Ciência Agronômica*, v.39, n.2, p.333-342, 2008.
- NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; SANTOS, F. J. S.; BEZERRA, I. L.; GURGEL, M. T. Germinação e formação de mudas enxertadas de gravioleira sob estresse salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.1365-1371, 2003.
- PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. L. P.; BRITO, M. A. Conhecendo a Biodiversidade. MCTIC, CNPq, PPBio. 2016. 196p.
- ROCHA, T. S. Avaliação da qualidade das águas dos poços tubulares da bacia do Rio do Peixe equipados com dessalinizadores, com vistas ao aproveitamento econômico dos sais de rejeito. 96f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008.
- SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. *Chemistry for environmental engineering and science*. 5 ed. Boston: McGraw-Hill. 2003. 752p.
- SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.7, p.01-15, 2011.
- SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 19 de junho de 2019.

Capítulo 5

ERVA BALEEIRA NA AGRICULTURA FAMILIAR: CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA

Aurilene Araújo Vasconcelos¹
Manoela Bernardino Scipião da Costa²
Renato Innecco³

¹Eng. Agrônoma, Bolsista de PNPd Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará,
aurilenevasconcelos@hotmail.com

²Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Ceará,
manoelascipiao@gmail.com

³Eng. Agrônomo, Dr. Prof. de Horticultura, Universidade Federal do Ceará,
innecco@ufc.br

Introdução

A espécie vegetal denominada *Varronia curassavica* Jacq. é uma planta que pertence à família Boraginaceae que contém aproximadamente 100 gêneros, com mais de 2000 espécies distribuídas em todo o planeta. De origem brasileira, facilmente encontrada no litoral, sendo considerada, também, uma planta comum na Mata Atlântica, possuindo vários nomes populares como maria-preta, Maria-milagrosa e catinga-de-barão, sendo o mais popular erva-baleeira, ou simplesmente baleeira (PEREIRA, 2013).

Segundo Goneli (2014), a utilização da erva baleeira pela população é bem diversificada. Podendo-se encontrar sua aplicação em forma de creme com ação anti-inflamatória ou uso tópico da infusão feita com as folhas das plantas, aplicando o chá morno, sobre o local dolorido. Suas propriedades aliviam as dores causadas pelo reumatismo, artrite, contusões, tendinite, dores musculares, etc.

Pesquisas agrônômicas direcionadas ao estabelecimento de técnicas de cultivo organizado de plantas medicinais, além de incrementarem o seu potencial produtivo, tornam-se um instrumento indireto, mas muito importante para a preservação das espécies nativa (COSTA et al., 2007). Pois as plantas medicinais, assim como qualquer outra cultura, necessitam de técnicas e práticas de cultivo, colheita e pós-colheita, a fim de determinarem os métodos que proporcionem, maior acúmulo de biomassa e de constituintes químicos (EHLERT et al., 2013), bem como boas características para comercialização ao final da cadeia produtiva (SILVA et al., 2013).

O acondicionamento das plantas medicinais aromáticas por longos períodos, pode ocasionar a perda gradual do aroma, principalmente se a embalagem for permeável

aos óleos essenciais. A transparência da embalagem pode apressar o processo de degradação dos princípios ativos, levando a um produto final de má qualidade. Portanto, embalagens transparentes somente devem ser utilizadas quando as mesmas forem acondicionadas na ausência de luz e por curtos períodos de tempo (SILVA et al., 2013).

Os óleos essenciais são caracterizados como misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, com aroma muito agradável, com aspecto oleoso à temperatura ambiente. São constituídos geralmente por terpenos e fenilpropanóides, pertencentes ao metabolismo secundário das plantas (MORAIS, 2009). São também conhecidos por suas propriedades fortes e pela sua atividade antisséptica, ou seja, bactericida, fungicida, antivirais e medicinais, e podem ser utilizados como antimicrobianos na conservação de alimentos, analgésicos, sedativos e anti-inflamatórios (AQUINO et al., 2010).

O óleo essencial presente nas folhas da erva baleeira é rico em alfa-humuleno, que é o princípio ativo responsável pela atividade anti-inflamatória e analgésica, provando o uso desta planta pela população devido os efeitos observados. Por conta disso, vem aumentando o interesse da indústria farmacêutica por essa planta como matéria-prima para medicamentos (FERNANDES et al., 2007). Para que as plantas medicinais mantenham seus princípios ativos dentro dos padrões estabelecidos durante o armazenamento, é necessário que se aplique um conjunto de boas práticas pós-colheita. As variáveis a serem controladas correspondem à umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente (VIEIRA et al., 2001). Segundo Simões et al. (2010), primeiramente deve-se estabilizar a planta medicinal, impedindo a ação enzimática e evitando a alteração dos compostos químicos. Esse processo consiste na desnaturação das

proteínas e das enzimas celulares. Isto pode ser obtido pela secagem em temperatura de 40°C e curto tempo de exposição (RODRIGUES, 2011).

Quanto ao período de armazenagem, há uma certa escassez de informações a respeito do prazo máximo de conservação de plantas medicinais secas, por isto é necessário que se conheça bem o comportamento de cada espécie durante a fase armazenamento (COSTA, 2009). Assim sendo a embalagem de importância fundamental para essa conservação. Pois, o armazenamento de produtos, sem a proteção externa da embalagem, pode levar à oxidação e a degradação de alguns constituintes, o que se é indesejável no caso de plantas medicinais, pois, recomenda-se que seja preservado ao máximo a composição física e química (SILVA et al., 2013).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso de diferentes embalagens, de fácil acesso para a agricultura familiar, visando à conservação pós-colheita em diferentes períodos de armazenamento da erva baleeira.

Material e Métodos

O ensaio foi realizado na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), parte Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no município de Pentecoste-CE, latitude 03° 47' 00" S e longitude 39,16° 00' 00" O Greenwich e altitude de 45 m, na mesorregião do norte cearense do médio Curu. O tipo climático é BSw,h, da classificação de Köppen (1918). Região considerada de clima semiárido, seco, com uma curta temporada úmida, com pouco ou nenhum excesso hídrico e megatérmico.

Para este estudo se utilizou a metodologia empregada por Araújo (2013) onde foram utilizados 3 tipos de embalagens, saco de papel tipo Kraft trifoliado, saco de papel tipo Kraft simples envolto em saco preto de polietileno de baixa densidade, e 4 períodos de armazenamento (0; 3; 6 e 12 meses). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 (embalagens) x 4 (períodos de armazenamento), com 4 repetições. As variáveis analisadas foram rendimento de óleo

(mL . Kg⁻¹ de matéria seca), teor de umidade (%) e propriedades organolépticas por análise visual.

Para tanto, foram cultivadas plantas da espécie *Varronia curassavica* Jacq. a partir de mudas produzidas via sementes, onde estas foram obtidas de plantas matrizes existentes no Horto de Plantas Medicinais e Aromáticas da FEVC, Pentecoste-CE. Assim, para confecção das mudas, as sementes foram plantadas em bandejas de 128 células, estas foram anteriormente preenchidas com substrato composto de húmus de minhoca + solo (1:1). As bandejas contendo as sementes foram mantidas em casa de vegetação em estrutura contendo tela sombrite (50%) na cobertura e nas laterais, e recebendo irrigação diária por sistema de microaspersão. Após 30 dias da semeadura as mudas foram transplantadas para o campo.

O cultivo das plantas foi conduzido sob irrigação em sistema orgânico de produção. Para tanto, o solo foi anteriormente preparado (utilizando arado e grade). Empregou-se espaçamento de 1,0 metro entre fileiras e 0,8 metro entre as plantas dentro fileira. A irrigação conduzida por microaspersão com torno de rega a cada 2 dias. Os controles de plantas daninhas foram realizados através de capinas manuais e com o auxílio de enxadas sempre que necessário.

Seis meses após o transplântio, as plantas se encontravam aptas para a colheita, então efetuou-se a coleta do material vegetal de forma manual, utilizando para isto tesouras de poda para retirada dos ramos que foram acondicionados em caixas plásticas. A coleta do material foi realizada pela manhã, entre 7 e 8 horas. A seguir o material vegetal foi transportado para o galpão de pós-colheita onde foi pesado e lavado em solução composta de hipoclorito de sódio e água, na proporção de 1:5.000 (um mL de hipoclorito para cinco litros de água). As ilustrações a seguir são demonstrativas da metodologia aplicada (Figura 1₁ a 1₄), e colocado para secar a sombra (secador natural), sobre bandejas de tela (Figura 1₅ e 1₆), as quais possibilitaram uma melhor circulação de ar, e conseqüentemente mais rápida secagem.



Figura 1. Preparo do material vegetal para secagem. 1 -Pesagem; 2, 3 e 4 - Lavagem; 5 e 6 - Disposição do material sobre as bandejas para secagem.

O secador solar natural (Figura 2), possuía laterais formadas por telas e a cobertura por telhas de alumínio, onde o material vegetal foi deixado para secar por um período de 7 dias. Quando seco, o material

vegetal foi dividido em porções de 1.000 gramas de folhas (1kg), as quais foram acomodadas nas diferentes embalagens (tratamentos) (Figura 3).



Figura 2. Secador natural de material vegetal.



Figura 3. Embalagens utilizadas no armazenamento do material vegetal. 1) Papel Kraft trifoliado; 2) Saco de papel Kraft envolto em saco de polietileno de baixa densidade; 3) Sacos triplos de polietileno de baixa densidade.

O material vegetal foi embalado e armazenado no Laboratório de Fitoterápicos da FEVC, sendo que o empacotamento foi efetuado na sala de processamento, e em seguida os pacotes foram transportados para sala de armazenamento (Figura 4), a qual possuía prateleiras de aço onde os pacotes foram

acomodados, sob o telhado uma proteção com PVC, e na parte superior das paredes localizavam-se cobogós de cimento para ventilação do ambiente, os quais foram revestidos com telas, para evitar entrada de animais.



Figura 4. Material vegetal seco sendo embalado nos três tipos de embalagens diferentes e armazenado em prateleiras.

Para a avaliação do teor de umidade do material vegetal antes e durante o período de armazenamento, retirou-se amostras de 5 gramas do material vegetal de cada embalagem, estas amostras foram colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 80°C por um período de 24 horas. Durante a secagem o material foi mantido no interior de recipientes de alumínio, e quando retirados da estufa foram devidamente tampados para evitar absorção de umidade do ambiente. Os recipientes foram colocados para

esfriar em dissecador por 30 minutos e depois pesados. Sendo a determinação do teor da umidade pela Equação 1.

$$\% \text{ de Umidade (U)} = 100 \left\{ \frac{(P-p)}{(P-t)} \right\} \text{ (Eq.1)}$$

Onde: P = peso inicial (recipiente + material antes da secagem); p = peso final (recipiente + material após secagem); e t = peso do recipiente.

Para calcular rendimentos do óleo essencial, realizou-se a extração do óleo essencial das 1.000 g do material armazenado das 4 repetições, calculou-se a média aritmética e determinou-se o rendimento em relação ao kg de matéria seca.

Para a obtenção do óleo essencial, submeteu-se o material vegetal a um processo de arraste a vapor (Figura 5). Este processo consiste em aquecer a água até que ela passe ao estado de vapor, o qual entra em contato com

material vegetal, o óleo essencial apesar de já ser volátil naturalmente, aumenta a sua volatilidade quando aquecido e se mistura ao vapor de água, no entanto, quando perde calor volta ao estado líquido e forma duas fases bem definida com a água permitindo sua separação (OLIVEIRA & SOUZA, 2012). Cada amostra foi submetida ao processo de arraste a vapor por 2 horas, quando foi efetuada medição do óleo essencial com o auxílio de uma bureta.

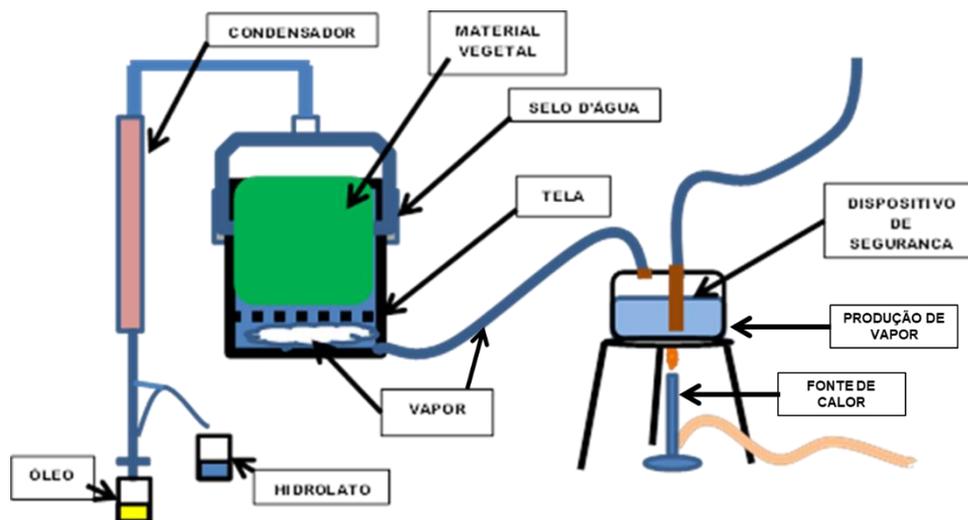


Figura 5. Esquema do processo de extração de óleo essencial por arraste a vapor d'água utilizado.

Quanto as propriedades organolépticas, o material vegetal foi examinado levando-se em consideração a mudança de coloração e no aroma, bem como características que indiquem a presença de pragas e/ou fungos de armazenamento.

Os dados coletados foram averiguados através de análise de variância e quando significativos, as médias foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, encontra-se os resultados da análise de variância em relação aos efeitos causados pelos fatores embalagem e tempo de armazenamento sobre o rendimento de óleo essencial das folhas desidratadas da erva baleeira. Nesta, observa-se que, houve diferenças altamente significativas para ambos os tratamentos e para a interação entre embalagens e período de armazenamento para o rendimento de óleo essencial.

Tabela 1. Análise de variância

Causas da variação	GL	QM
Embalagem (E)	2	4,813**
Tempo (T)	3	2,449**
E*T	6	2,449**
Resíduo	36	0,007
CV (%)		1,87

* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

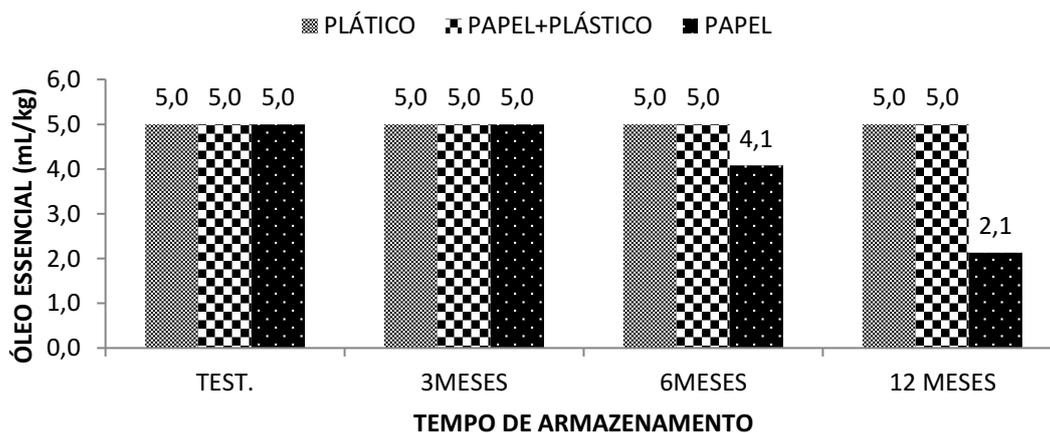


Figura 6. Rendimento de óleo essencial de erva baleeira (*Cordeia verbenacea*) mL·Kg⁻¹ de matéria seca em relação ao período de armazenamento.

É possível observar pela Figura 6 que, o teor de óleo essencial nas embalagens de plástico, papel+plástico e somente papel, não reduziu no período de até 3 meses de armazenamento, proporcionando a mesma qualidade para esse período. Porém, aos 6 meses a embalagem de papel proporciona uma redução considerável do teor de óleo essencial, passando de 5,0 mL Kg⁻¹ para 4,075 mL·Kg⁻¹ (18,5% de redução). Ainda pode ser observado que, no período de 12 meses, a embalagem de papel teve redução drástica da quantidade de óleo essencial, passando de 5,0 mL Kg⁻¹ (zero meses) para 2,125 mL Kg⁻¹ (57,5% de redução). Verificando-se assim que a qualidade do material vegetal ao longo dos 12 meses depende do tipo de embalagem.

Em trabalho para a avaliação das características pós-colheita de chicória (*Eryngium foetidum* L.), chegaram a uma conclusão de que o processo de embalar em pacotes de polietileno de baixa densidade desacelerou o processo de degradação da clorofila e a perda de odor, conservando o mesmo sabor (SANKAT & MAHARAJ, 1996). Estes resultados corroboram com os observados no presente trabalho, onde verifica-se que as embalagens contendo polietileno de baixa densidade preto proporcionam melhor conservação da erva baleeira.

Na avaliação da influência do armazenamento em diferentes embalagens no teor de óleo essencial de carqueja (*Baccharis trimera* (Less.) DC.), Silva et al. (2013) concluíram que, a embalagem de kraft folha dupla de papel com revestimento interno de polipropileno tipo exportação foi a que obteve melhor desempenho, sendo assim a melhor opção para o armazenamento carqueja. Estes

resultados podem estar diretamente relacionados a proteção contra a luminosidade proporcionada por este tipo de embalagem, assim o papel Kraft + o polipropileno tivera a mesma função do plástico preto de baixa densidade utilizado no atual trabalho, pois é sabido que a luz é um fator que pode acelerar a degradação de plantas medicinais.

A diminuição do rendimento de óleo essencial em relação ao período de armazenamento pode variar porquê é possível que ocorra a ruptura de determinadas estruturas responsáveis pelo armazenamento destes óleos essenciais após a ocorrência da morte celular. Assim, interferindo na composição dos óleos essenciais de plantas nas quais encontram compostos que apresentam alta volatilidade, como os terpenos (SIMÕES, 2010).

As demais variáveis analisadas foram, o teor de umidade que não apresenta diferenças significativas em relação ao período de armazenamento em nenhuma dos tipos de embalagem. Quanto as características organolépticas como cor, aroma e aspectos fitossanitários (presença de fungos e insetos), também se mantiveram sem variações, independente das embalagens e ao longo do período de armazenamento.

Conclusão

Conclui-se que o material vegetal de erva baleeira pode ser armazenado utilizando embalagens de fácil acesso para agricultores familiares. As embalagens contendo saco plástico preto (polietileno de baixa densidade) conservam perfeitamente o material vegetal de erva baleeira por um período de até um ano.

No entanto, verificou-se que a embalagem, saco de papel Kraft trifoliado pode preservar o material de erva baleeira até aos 3 meses de armazenamento, semelhante as demais embalagens avaliadas.

Referências

- AQUINO, L. C. L.; SANTOS, G. G.; TRINDADE, R. C.; ALVES, J. A. B.; SANTOS, P. O.; CARVALHO, L. M.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de erva-cidreira e manjerição frente a bactérias de carnes bovinas. *Revista Alimentação e Nutrição*, v.21, n.4, p.529-535, 2010.
- COSTA, L. C. B. Variação no rendimento e composição química do óleo essencial de folhas de atoveran (*Ocimum selloi* Benth.) inteiras e moídas sob condições de armazenamento. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.11, n.1, p.43- 48, 2009.
- COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CARDOSO, M. G. Produção de biomassa e óleo essencial de elixir-paregórico em função do corte das inflorescências e épocas de colheita. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.2, p.175-179, 2007.
- EHLERT, P. A. D.; MING, L. C.; MARQUES, M. O. M.; FENANDES, D. M.; ROCHA, W. A.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, R. F. influência do horário de colheita sobre o rendimento e composição do óleo essencial de erva-cidreira brasileira [*lippia alba* (mill.) n. e. br.]. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.15, n.1, p.72-77, 2013.
- FERNANDES, E. S.; PASSOS, G. F.; MEDEIROS, R.; DA CUNHA F. M.; FERREIRA, J.; CAMPOS, M. M.; PIANOWSKY, L. F.; CALIXTO, J. B. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)- trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. *European Journal of Pharmacology*, v.27, n.569, p.228- 236, 2007.
- GONELI, A. L. D.; NASU, A. K.; GANCEDO, R.; ARAÚJO, W. D.; SARATH, K. L. L. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.) *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.16, n.2, supl. I, p.434-443, 2014.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, v.27, n.2, p.S4050-S4063, 2009.
- OLIVEIRA, W. P.; SOUZA, M. E. A. O. Comparação dos métodos de extração de óleo essencial de arraste a vapor e hidrodestilação utilizando casca de manga nos estados de desidratação e *in natura*. In: Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012, Palmas. Anais...Palmas, 2012.
- PEREIRA, J. A. S. *Cordia verbenacea* DC: perfil morfo-anatômico, histoquímico, farmacognóstico e avaliação da atividade anticandida do extrato hidroetanólico e suas frações. 52f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2013.
- RODRIGUES, T. S.; GUIMARÃES, S. F.; RODRIGUES-DAS-DÔRES, R. G.; GABRIEL, J. V. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). *Rev. Bras. Plantas Med.*, v.13, n. Esp., p.587-590, 2011.
- SANKAT, C. K.; MAHARAJ, V. Shelf life of the green herb shado beni (*Eryngium foetidum* L.) stored under refrigerated conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v.7, p.109-18, 1996.
- SILVA, F.; PARK, K. J.; MAGALHÃES, P. M.; MARTINS, G. N.; GAMA, E. V. S. Avaliação do teor de óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC. em diferentes embalagens durante o armazenamento. *Rev. Bras. Plantas Med.*, v.15, n.1, p.54-58, 2013.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6. Ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2010. 1096p.
- VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. L.; LOCATELLI, M.; SOUZA, M. G. Técnicas de produção de sementes florestais. Porto Velho: EMBRAPA-CPAFRO. Rondônia, 2001. 4p. (EMBRAPA. CPAFRO Rondônia. Circular Técnica, 205).

UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DAS TICS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR (IES) DA CIDADE DE BELÉM DO PARÁ POR COORDENADORES, PROFESSORES E ALUNOS

Andréa Marques de Araújo¹
Luís Borges Gouveia²

¹Doutoranda, Universidade Fernando Pessoa, UFP, Porto Portugal, andreacristinamaraujo@gmail.com

²Dr. Prof. Catedrático, Universidade Fernando Pessoa, UFP, Porto Portugal, lmbg@ufp.edu.pt

Introdução

Esta é a civilização do conhecimento e da informação, onde o modo de produção passa a ser o do conhecimento, não mais o de bens, e a força de trabalho passa dos braços para a cabeça. Se as organizações não se conscientizarem agora desta mudança de paradigmas, não haverá futuro para elas, estarão todas fatalmente fadadas ao fracasso (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018a).

A Educação de forma geral também sofre os efeitos dessas mudanças paradigmáticas (KUHN, 1975). Acredita-se que é condição prévia para o uso e exploração das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nas atividades de ensino e aprendizagem, a percepção que os seus atores possuem sobre as mesmas (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018b).

Esta pesquisa tem como objetivo compreender o impacto da utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação no ensino superior presencial, possibilitando o diagnóstico em uma Instituição de Ensino Superior (IES). Essa avaliação é realizada por via da percepção dos atores implicados, nomeadamente coordenadores, professores e alunos, no contexto do ensino superior e do recurso a tecnologias de informação e comunicação para suporte do processo de ensino e aprendizagem.

Tecnologias de informação e comunicação aplicadas ao ensino

O estudo toma como pressuposto que nos encontramos sobre forte influência de uma Sociedade da Informação e do Conhecimento (SIC), em que o papel da tecnologia é central, enquanto mediador das interações de valor na nossa sociedade e também na aquisição de conhecimento (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018c). Foi assim defendido que, nessa sociedade é valorizado o fato de o sujeito conseguir adquirir e processar informação, resignificando para que se transformem em informação e

conhecimento, e para que a sociedade alcance esse verdadeiro status de SIC, colocando a capacidade do indivíduo lidar com a informação, o digital e as TIC, no centro da ação (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018c).

Em complemento é exposto que o ser humano passou a ampliar seus canais de expressão, da linguagem rudimentar para a linguagem cibernética. Ao passo que todo este processo serviria a fim de explicar que os sistemas políticos não nasceriam do nada, uma vez que necessitariam de um meio de preparação para que pudessem fomentar-se de maneira ideológica, física e social (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018). Nesse contexto da SIC esse conceito de cultura também se atribuiu de um novo significado, adaptado justamente a esse ambiente tecnológico. Essa cultura digital pode ser entendida, não como uma simples tecnologia, mas sim, como todo um sistema de valores, símbolos, práticas e atitudes que envolvem o universo tecnológico (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018c).

O percurso histórico da SIC acompanhou a evolução ao mesmo tempo das tecnologias. Tal proporcionou uma percepção aos indivíduos do que, quanto mais acesso à informação foi existindo, mais estes acreditaram ter conhecimento sobre todas as coisas. Todavia, é importante mencionar que o estudo se posiciona afirmando que não foram as tecnologias que moldaram e transformaram a sociedade, isto porque a sociedade é quem dá forma à tecnologia segundo as suas próprias necessidades, valores prioridades e o interesse dos indivíduos que se utilizam das tecnologias. Assim, o que a abordagem proposta busca trazer é o uso das tecnologias pela sociedade como uma forma de ter acesso à informação e, conseqüentemente, desenvolver o conhecimento para operar na SIC (ARAÚJO & GOUVEIA, 2017).

O estudo inclui ainda a posição de que o acesso à informação que era antes restrito ao

universo adulto, chega agora também às crianças e aos adolescentes. Neste contexto, a infância se depara com uma nova realidade, distinta dos filmes e das personagens infantis. A formação da identidade e a edificação do conhecimento dessa geração se consolidam independentemente da vontade e da administração dos pais e das instituições, como a escola. As crianças informadas e estimuladas pelo que fazem, sobretudo na Internet, que lhes proporciona uma maior autonomia. Em consequência, encaram o mundo digital de uma forma natural que causa o espanto e a admiração dos mais velhos (BENTO et al., 2010).

O jovem pode não ser dono da própria vida, do próprio quarto, mas se considera soberano nos seus espaços e atividades virtuais. Esse sentimento pode ter alguma espécie de relação com uma nova forma de autodidaxia que desafia a escola e, conseqüentemente, todo o campo da educação, da produção de conhecimento e a formação de professores (DEMO, 2008). Dessa forma, a informação torna-se o cerne e o meio para os bens de produção e consumo no mercado global, e gera relações interpessoais e de conhecimento bem diversas das tradicionais formas estabelecidas e esperadas em contexto escolar.

Nesse sentido, a educação torna-se um elemento fundamental para a formação e aquisição dessas habilidades priorizadas por essa sociedade. Isso porque, os sujeitos que são delas desprovidos, não são valorizados na SIC e correm o risco de serem excluídos. Logo, a educação deve atentar-se aos novos espaços e tecnologias voltadas ao ensino e aprendizagem, possibilitando a produção do conhecimento por meio dessas tecnologias de informação e comunicação, em disrupção com os tradicionais estágios conforme definidos por Piaget (1986).

Educação superior presencial no Brasil e no Estado do Pará

Tomando em consideração a educação superior no Brasil e no Pará, a sua evolução e considerando as políticas públicas de avaliação e financiamento, verifica-se que, o panorama no Estado do Pará, indica que a educação superior necessita de maior atenção (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018c).

Considerando que a Educação Superior compreende o ensino, a pesquisa e sua extensão exigente do trabalho aplicado, torna a questão aqui tratada e associada com o uso e importância das TIC para o processo de ensino e aprendizagem, apenas uma das componentes

a ter em conta no contexto do ensino superior. Por exemplo, em escolas de medicina e escolas de odontologia, a complementaridade entre ensino e aprendizagem, extensão, projetos e investigação, traduz-se numa complexidade bem diversa das mesmas preocupações, por exemplo, em Ciências Sociais. No entanto, considerando o objeto deste estudo, a percepção do uso e importância das TIC, para o ensino e aprendizagem, essas diferenças não se colocam.

Assim, no domínio do ensino, que contempla o nível de graduação e o nível de pós-graduação, incluindo os níveis de Mestrado, Doutorado e Docência Plena, também são referidas como ensino de pós-graduação pois possui um contexto comum que permite o seu estudo conjunto, no que se refere a práticas de ensino e aprendizagem com recurso a TIC. A parte geral da formação acadêmica das instituições de ensino superior inclui os principais elementos teóricos e abstratos, bem como os aspectos aplicados associados com o conhecimento específico de cada uma das áreas. Isaia e Bolzan (2001), defendem que, a formação dos professores constitui um processo contínuo de aprendizagem. Deste modo, os autores defendem a relevância do estudo realizado, como forma de avaliar o nível de predisposição para práticas associadas com o uso e exploração de TIC nos processos de ensino e aprendizagem.

Em complemento, o Ensino Superior que ocorre em Universidades, geralmente concentra-se em aplicações práticas através da aplicação de teorias específicas. No cenário atual da Educação Superior do Brasil, verifica-se um crescimento da população estudantil, também em efeito do governo financiar através do Programa de Financiamento Estudantil (FIES) um maior número de alunos nas instituições privadas de ensino superior. Foi assim considerada também uma população alargada em termos de potencial de aprendizagem e de contextos socio econômicos diferenciados, pelo que naturalmente também aumentaram os índices de evasão e a necessidade de inovar nas práticas de ensino e aprendizagem em sala de aula. Neste contexto, Gessinger et al. (2016), propõem o uso pedagógico de recursos tecnológicos como estratégia para qualificar o ensino e contribuir para a redução da evasão na educação superior, tornando o uso de TIC ainda mais relevante, também por efeito da necessidade de apoio de práticas de combate à evasão.

Em relação a Educação, o Estado do Pará possui inúmeras instituições educacionais, as mais conceituadas estão localizadas na Região Metropolitana de Belém, e em outras cidades de médio porte. A Educação no Estado, posiciona-se no contexto Brasileiro, como sendo a vigésima sexta quando comparada aos demais estados brasileiros. Entre as instituições de ensino superior no estado, seis são instituições acadêmicas públicas: Universidade Federal do Pará (UFPA); Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA); Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA); Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA); Universidade do Estado do Pará (UEPA); e Instituto Federal do Pará (IFPA).

Destacam-se entre, muitas outras, as principais instituições de ensino superior privado, no Pará: a Universidade da Amazônia (UNAMA); o Centro Universitário do Pará (CESUPA); a Faculdade Integrada Brasil Amazônia (FIBRA); o Instituto Luterano de Ensino Superior de Santarém; o Centro de Ensino Superior do Pará; e as Faculdades Integradas do Tapajó.

O Mapa do Ensino Superior do Brasil (SEMESP, 2015) descreve que, o Estado do Pará possui 34 instituições de ensino superior sendo que, 2% das matrículas são em cursos presenciais. A cidade de Belém é a que possui maior número de matrículas, 85 mil matrículas que correspondem a 68% dos alunos. Ainda na mesma publicação, é reportado que em 2013 ocorreu uma queda de 0,3% nas matrículas da rede privada, de 56 mil alunos matriculados caiu para 55,8 mil matrículas. Já na rede pública de ensino ocorreu o contrário, um aumento de 9,6%, passando de 63,5 mil alunos matriculados para 69,6 mil matrículas em 2013. Outro dado relevante em relação a educação superior presencial do Estado do Pará, é que o número de ingressantes em cursos presenciais no ano de 2013, teve uma redução de 2,4%, passando de 23 mil alunos em 2012 para 22 mil em 2013. Já na rede pública, a queda ficou em 4,9%, passando de 17 mil em 2012 para 16 mil em 2013.

Material e Métodos

A pesquisa compreendeu um estudo de caso tendo como sujeitos gestores, alunos e professores de uma Instituição de Ensino Superior (IES), particular, na cidade de Belém do Pará. Tratou-se de uma pesquisa exploratória, tendo sido utilizado um questionário para a coleta de dados. Marconi e

Lakatos (2017) narram que, a escolha do método e técnica utilizada, depende do objetivo da pesquisa, dos recursos financeiros disponíveis, da equipe e elementos no campo da investigação (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018c).

Foram entrevistados sujeitos de três áreas distintas da IES: Ciências biológicas e da Saúde, Ciências Exatas e da Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, nas quatro unidades físicas da IES. A pesquisa optou pelo uso do questionário, como instrumento de recolha de dados, e foram consideradas amostras não probabilísticas do tipo intencional ou de seleção racional, sendo no total entrevistados 27 professores, todos os 09 integrantes da equipe pedagógica, 19 alunos e todos os 13 coordenadores de curso. O objetivo da pesquisa foi o de levantar a percepção do uso e importância das TIC para práticas de ensino e aprendizagem em contexto do ensino superior (ARAÚJO & GOUVEIA, 2018).

Percepções dos docentes

Para realizar a obtenção de dados junto dos professores, foi utilizado um questionário com o objetivo de identificar como os professores estão utilizando as tecnologias de informação e comunicação com os seus alunos. Para o estudo foram ainda considerados cinco objetivos específicos: 1. Caracterizar os professores em termos de tempo de magistério, nível de ensino em que atuam e formação em Informática na Educação; 2. Identificar os conhecimentos que os professores têm de informática e como utilizam o computador no seu dia a dia; 3. Identificar como os professores utilizam o computador para preparar suas atividades didáticas e como estão usando recursos computacionais na sala de aula; 4. Identificar os entraves institucionais e pessoais para a utilização dos laboratórios de informática nas escolas; e 5. Identificar se professores que utilizam plataformas digitais em sua formação estão utilizando esses ambientes com seus alunos.

A primeira parte do questionário mapeou o perfil dos professores, com recurso a dez questões para identificar o sexo; idade; formação; se leciona na IES em exclusividade, o número de horas semanais; as horas semanais em acumulação em outras IES, se for o caso; antiguidade na IES; experiência em anos como docentes; se possui formação na área das TIC, e em que cursos leciona na IES.

A segunda parte do questionário abordou a identificação das práticas usadas pela

metodologia de ensino tradicional, com recurso a um conjunto de afirmações que pretende indagar sobre o uso das TIC; com que frequência usa; como se classifica em termos de competências TIC; quais os recursos que usa no dia a dia, em casa e na sala de aula; qual o tipo de material didático a que recorre, e quais os recursos tecnológicos que poderia ser explorados. Adicionalmente foram ainda recolhidos dados sobre questões subjetivas relacionados com os resultados das práticas adotadas pela Metodologia de Ensino Tradicional.

Foram ainda incluídas questões, num terceiro bloco para identificar os principais fatores que levam o aluno ao não aproveitamento escolar, e as questões indagam sobre quais são as principais dificuldades de aprendizagem dos alunos em relação ao ensino e aprendizagem. Neste contexto foi perguntado aos professores quais os principais fatores que levam o aluno a um baixo desempenho escolar. Foi também questionado quais as tecnologias que os professores gostariam de ter em sala de aula, e quais as ações que deveriam ser tomadas para o uso de TIC em sala de aula visando melhorias no processo de ensino e aprendizagem.

Por último, foram incluídas também, questões sobre quais são as ações que devem ser tomadas para superar as dificuldades de aprendizagem através do uso das tecnologias de informação e comunicação, e uma questão para se conhecer o que os professores gostariam de acrescentar por considerarem importante no contexto do uso das TIC no ensino superior.

Percepções dos discentes

Para realizar a obtenção de dados para a pesquisa, foi utilizado um questionário com o objetivo geral de identificar como os alunos utilizam as TIC. O questionário teve quatro objetivos específicos: 1. Caracterizar os alunos; 2. Identificar os conhecimentos que os alunos têm de informática e como utilizam o computador no seu dia a dia; 3. Identificar como os alunos utilizam o computador para seus estudos; e 4. Identificar a utilização dos laboratórios de informática na instituição.

Foram obtidos dados quanto ao gênero dos participantes da pesquisa e sobre a sua faixa etária. Finalizando o bloco de questões objetivas que traçam o perfil dos alunos participantes foi identificado o semestre letivo do aluno

A segunda parte da pesquisa foi composta por questões subjetivas divididas em 4 blocos. A

primeira questão do primeiro bloco questionou os alunos se eles consideravam ideal a forma como as aulas são ministradas, as práticas pedagógicas utilizadas pelos professores em sala de aula e se consideravam adequadas ao conteúdo exposto.

O segundo bloco da pesquisa obteve dados que permitiam a identificação na visão dos alunos, dos resultados das práticas adotadas pelas Metodologias associadas com o Ensino Tradicional.

No terceiro bloco da pesquisa os participantes responderam quais são as suas principais dificuldades de aprendizagem.

Finalizando, o terceiro bloco de perguntas, obteve-se dos alunos participantes quais os principais fatores que os levam a ter dificuldade de aprendizagem em um conteúdo. Este último bloco identificou as mudanças que devem ocorrer na Metodologia de Ensino Tradicional com o uso das tecnologias de informação e comunicação

Percepções dos coordenadores de curso

O instrumento utilizado para a obtenção de dados junto dos coordenadores foi a entrevista. A entrevista seguiu um guia composto por duas partes: a primeira, para uma identificação geral e, a segunda, com questões específicas para o presente estudo.

Assim, as questões iniciais tiveram como objetivo identificar um perfil dos coordenadores. Foram levantadas as especializações dos coordenadores e consideradas as suas habilitações, bem como o tempo de formação. Foi ainda questionado o tempo de experiência como coordenador. Ainda na análise do contexto das atividades dos coordenadores da IES, buscou-se conhecer quantos profissionais exercem atividades em outras IES.

A segunda parte foi composta de questões subjetivas que consideram inicialmente a identificação do papel a ser exercido pelos professores face ao momento atual, tomando a visão pessoal de cada coordenador, complementada com questões sobre a experiência vivenciada. Também se procurou conhecer qual seria o entendimento de uma boa experiência do aluno, no curso. A questão final procurou questionar o que os coordenadores consideram importante no contexto do uso das TIC no ensino superior.

Percepções da equipe pedagógica

Para a equipa pedagógica, foi utilizado

como instrumento de obtenção de dados, também a entrevista. As questões abordadas para a entrevista foram as mesmas utilizadas com os coordenadores de curso.

No entanto, a análise neste caso incidiu sobre aspectos distintos, nomeadamente, para obter informação sobre a especialização da equipe: o seu tempo de atuação; conhecer também quantos profissionais exerciam atividades em outras IES.

Em complemento, os membros da equipa pedagógica foram indagados quando ao que é considerado como uma boa experiência do aluno no curso. E também a sua posição sobre qual o papel das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem.

Por último, foi colocada uma questão sobre quais experiências envolvendo alunos e TIC, que poderiam partilhar neste estudo.

Resultados e Discussão

Na presente discussão apresenta-se os resultados principais tendo em conta a sua contribuição direta para suporte da questão associada com o objetivo do trabalho.

Percepções dos docentes

Considerando a caracterização dos docentes, identifica-se que a composição de mestres equivale a 59% do total, em seguida vem os doutores com 26% do quadro docente, seguido de 11% de especialistas e somente 4% de pós-doutores, sendo que 56% do total lecionam exclusivamente na IES. Este perfil está em linha com outras instituições de ensino superior Brasileiras, e demonstra ainda, um potencial de crescimento da capacitação dos professores. Por outro lado, verifica-se que a maioria dos docentes se encontram em exclusividade, o que se traduz por um potencial de trabalho significativo (FRY et al., 2009).

Metade dos participantes responderam que trabalham de forma parcial, ou seja, 12 horas ou mais durante a semana no IES. Os horistas, que trabalham por hora-aula, perfazem o total de 38%, e a menor parte trabalha em tempo integral, 12% do total trabalhando 40 horas semanais. Constata-se que, 32% dos participantes da pesquisa atuam entre 10 e 15 anos na instituição, 24% atuam entre 5 e 10 anos, 16% entre 1 e 5 anos, e com o mesmo percentual os professores com mais de 15 anos na instituição. Neste contexto, pode-se afirmar que, o corpo docente possui experiência, sendo que, a sua maioria possui 5 ou mais anos. Por outro lado, existe um

potencial de sobrecarga aos docentes em afirmarem estarem com 12 horas ou mais por semana, de carga letiva. Estes valores estão também alinhados com os reportados no contexto do SEMESP (2015).

Pode-se assim observar que, os docentes em relação aos anos que atuam no ensino superior, quaisquer que sejam as instituições (inclusive a própria IES), 63% atua há mais de 10 anos em IES, 18% entre 5 e 10 anos, 15% entre 1 e 3 anos, e 4% menos de 1 ano. Percebe-se, portanto, que, o quadro docente tem relativa experiência com docência superior, logo habilitados a refletir sobre o uso das TIC em contexto de sala de aula, e possuidores uma experiência pessoal que suporta a sua percepção (FRY et al., 2009).

A segunda parte do questionário aborda a identificação das práticas usadas pela metodologia de ensino tradicional. As respostas em grande parte refletem a realidade das salas de aula das IES, aulas expositivas, atividades em grupo, utilização de Datashow e computador. Essas práticas são citadas várias vezes no questionário, de onde se percebe que há um baixo nível de inovação na forma de transmitir conhecimento. Contudo, alguns participantes da pesquisa discorrem acerca de práticas interessantes que devem ser disseminadas no corpo docente, existindo um conjunto menor de docentes que empreendem em experiências alternativas de lecionação no contexto de sala de aula (FRY et al., 2009).

Dentre as práticas pedagógicas citadas, estão o uso de aplicativos como o Kahoot e Plickers, que são aplicativos de perguntas e respostas que permitem a interação entre um grupo de alunos nos seus respectivos aparelhos celulares; o Socrative, aplicativo que segue mais ou menos a linha do Kahoot, permitindo a interação entre os usuários; o Padlet, que é uma espécie de mural comunitário onde alunos podem criar murais de diversos assuntos, é uma folha de papel online. Neste contexto, existem inúmeras práticas que estão sendo desenvolvidas, como é o exemplo de Martins e Gouveia (2019), com o recurso a estratégias de sala de aula invertida; ou com recurso ao Facebook (MARTINS & GOUVEIA, 2019a) ou o WhatsApp (MARTINS & GOUVEIA, 2019b), para apoio em sala de aula.

Tomando o segundo bloco das questões subjetivas da pesquisa, que trata da identificação dos resultados das práticas adotadas pela Metodologia de Ensino Tradicional, permitiu verificar que os

participantes da pesquisa concordam que sim, as práticas adotadas geram aprendizado, contudo algumas considerações foram feitas, dentre elas, a ressalva de que, o uso de aula convencional por si só não gera aprendizado, caso não haja nenhum elemento motivador. Esta observação, está em alinhamento com estudos recentes que, propõe novas estratégias para envolver os alunos e promover novas estratégias de ensino em contexto de sala de aula (WIEGEL, 2020).

O terceiro bloco associado com os principais fatores que levam o aluno ao não aproveitamento escolar e as suas dificuldades de aprendizagem, os professores indicam como principais fatores que levam o aluno ao baixo desempenho escolar (não aproveitamento escolar), além da falta de interesse, a imaturidade, a dificuldade dos alunos saírem da zona de conforto, as lacunas de conhecimento prévio. Foi ainda identificada a necessidade de o aluno aprender a estudar, e não apenas ser conduzido pela escola, por via da avaliação de determinados assuntos em determinadas situações (criação de contextos). Esta foi a contribuição mais relevante como aspeto que, além das tradicionais referências (FRY et al., 2009), que foi apontado para a não concretização da aquisição de conhecimento.

A maior parte dos participantes da pesquisa utilizam recursos tecnológicos em sala de aula, visando solucionar a dificuldade de aprendizagem, boa parte utiliza computadores e celulares para acesso a pesquisas em sítios eletrônicos. Também estas práticas estão alinhadas com as descritas em Martins e Gouveia (2019a; 2019b).

Neste contexto, é importante destacar que, o professor, assim como qualquer outro profissional, precisa de se manter em uma educação continuada, tendo sempre o intuito de acompanhar as novas exigências da sociedade, viabilizando, dessa forma, a construção, socialização e confronto de conhecimento (WIEGEL, 2020).

Em relação às tecnologias que os professores gostariam de ter em sala de aula, são referidos tablets, computadores, celulares, novos programas, manequins, conexão de Internet a contento, entre outras. É importante frisar que, mesmo os que não usam tecnologias em sala, gostariam de usar. Desta forma, acredita-se que, com incentivo, o seu uso pode ser potenciado, pois pelo menos aparentemente, existe essa vontade por parte dos professores.

Quanto as ações que deveriam ser tomadas para uso de TIC em sala de aula visando melhorias no processo de ensino e aprendizagem, fica claro para os entrevistados quais ações a realizar, de melhoria e capacitação. Contudo, o que vem sendo demonstrado nas práticas correntes, é a falta de atitude nos docentes para aplicação do aprendido, de modo a incorporar nas suas práticas em sala de aula, novos processos. Vale a pena destacar que, a ausência de formação continuada e, também, da falta de disciplinas nos cursos de graduação voltados para o uso de TIC, que ainda prevalecem em muitas instituições de ensino, fazem com que, os professores tenham dificuldade frente ao seu uso e exploração. Dificuldade essa que, vai desde o simples uso de um computador, até a concepção de uma aula e/ou de conteúdos para usar nos processos de ensino e aprendizagem.

Sobre as ações a realizar para superar as dificuldades de aprendizagem através do uso das tecnologias de informação e comunicação, são propostos, como mais relevantes a Internet de boa velocidade na IES para uso de aplicativos; a qualificação docente para uso de TIC; equipamentos multimídia nas salas de aula, e formar fóruns em redes sociais para gerar aprendizado.

Os comentários adicionais dos professores face ao que consideravam importante no contexto do uso das TIC no ensino superior, foi participada. Estes, reafirmaram a importância das TIC num contexto de globalização, permitindo conectar as pessoas ao mundo. Voltaram a defender que a formação docente para uso e exploração das TIC é fundamental, em especial de ferramentas. Contudo foi também afirmado existem barreiras para o uso de determinadas ferramentas, como exemplo celulares, acesso ao Facebook. Neste contexto, é necessário perceber os entraves para utilização das TIC e promover a capacitação dos professores para que a utilização seja proveitosa, e um contexto que viabilize a sua utilização, quer em operação, quer em regras e modos de utilização em sala de aula. Uma discussão aprofundada destas condições é desenvolvida em Wiegel (2020).

Percepções dos discentes

Quanto ao gênero dos participantes da pesquisa apresenta-se que 53% dos alunos de acordo com o levantamento são do sexo masculino e 47% são do sexo feminino.

Obtendo-se uma amostra em que fica patente a igualdade do gênero.

Sobre a idade dos alunos participantes, o resultado mostra que, a maior parte dos alunos participantes da pesquisa possuem entre 20 e 25 anos, perfazendo um percentual de 63% do total, em seguida ambos com 16%, estão os que possuem menos de 20 anos e os que possuem mais de 30 anos, já os que têm entre 26 e 30 anos ocupam a menor fatia, com apenas 5% do montante. Estes valores estão alinhados com a faixa etária considerada a mais comum da população tradicional do ensino superior (SEMESP, 2015).

Na identificação do semestre letivo do aluno entrevistado verifica-se que 32% dos alunos cursam o 2º semestre, em seguida os alunos que cursam o 4º e 8º semestres com 16%, com 11% os que cursam o 10º semestre, no 6º e 9º semestres com 10% dos alunos respectivamente, e cursando o 7º semestre 5% dos alunos.

Considerando as questões subjetivas, entre os participantes da pesquisa, 58% afirmam que sabem o motivo do uso de tais práticas pedagógicas pelos professores, e 42% respondem que não sabem o porquê. Existe assim, uma divisão quase igual entre os que percebem os métodos utilizados e os que não entendem porque estes métodos são adotados em sala de aula.

Os pontos positivos referidos estão associados com o domínio do professor no assunto. A ligação do conteúdo visto em sala de aula com o cotidiano também foi elencado como um fator positivo. Os pontos negativos elencados estão associados com a maneira de lecionar por parte de alguns dos professores que são considerados muito tradicionais. Os alunos discorrem que, as aulas meramente expositivas geram desconforto e desmotivação. Salientam inclusive a leitura de artigos na íntegra em forma de monólogo sem a devida interação com os alunos. Na prática, estes aspectos são apontados pela literatura e são recorrentes, conforme já discutido em (FRY et al., 2009).

Da identificação da visão dos alunos dos resultados das práticas associadas com o Ensino Tradicional, fica registrado que 84% dos alunos afirmam que, as práticas pedagógicas adotadas pelos professores possibilitam a aprendizagem dos alunos que, na sua generalidade, o desempenho docente na sala de aula é positivo. Tal não impede que 16% dos alunos ponderam suas respostas com considerações e

condicionamento para a possibilidade de aprendizado. Vale a pena destacar que, nenhum aluno negou explicitamente que a prática adotada pelos professores obtenha êxito no aprendizado, ademais, os que não concordaram na totalidade teceram apenas considerações e citaram que existe na prática técnicas específicas a cada curso e disciplina que justificam certas abordagens.

No que respeita às principais dificuldades de aprendizagem dos alunos, percebe-se que, boa parte dos participantes da pesquisa atribuem as dificuldades ao processo de ensino e aprendizagem a fatores terciários, tais como: a forma que o professor “passa” o conteúdo, pouco tempo disponível para leitura, conteúdos “pesados”, muitas matérias de uma vez, entre outras justificações menos comuns. Destaca-se que, poucos alunos responderam de maneira a assumir e trazer para si a responsabilidade quanto à dificuldade de aprendizagem. Observa-se em alguns discursos que, a maior dificuldade quando é atribuída ao próprio aluno, são questões como a falta de iniciativa para os estudos, preguiça, e alguns transtornos como déficit de atenção e ansiedade. Também neste ponto, as observações estão em linha com a literatura e estudos recentes sobre a sala de aula (WIEGER, 2020).

Os alunos participantes mencionam entre os principais fatores que os levam a ter dificuldade de aprendizagem em um conteúdo como a monotonia nas aulas, falta de tempo para leitura, falta de interesse, e acúmulo de atividades.

No que respeito às mudanças que devem ocorrer na Metodologia de Ensino Tradicional com o uso das tecnologias de informação e comunicação, 89% dos alunos afirmam que utilizam recursos tecnológicos para tentar superar as dificuldades de aprendizagem, e somente 11% não usam. Percebe-se que, o uso de tecnologia já faz parte do dia a dia em geral dos alunos, e que já é uma ferramenta para elucidar questões de dúvidas e dificuldades, devendo ser aprimorada a sua utilização, tanto dos alunos como dos professores.

Portanto, deve ficar claro quem faz e o que faz, num processo de ensino e aprendizagem com sucesso, pois os alunos que não possuem sequer clareza dos procedimentos e práticas que os podem ajudar na assimilação dos conteúdos, terão certamente mais dificuldades. O professor deve juntamente com

o aluno protagonizar o envolvimento das partes e a motivação na aprendizagem.

Percepções dos coordenadores de curso

Considerando o perfil dos coordenadores, os dados coletados mostram que o tempo de formação dos coordenadores varia de 8 a 34 anos, uma média geral de 20,5 anos de tempo de formação, o que pode ser considerado elevado, e ainda observa-se que, 68% dos profissionais da educação possuem entre 11 e 30 anos de formação profissional, podendo então, serem eles considerados profissionais experientes.

Quando às especializações, considerando as habilitações de pós-graduação, Mestrado e Doutorado. Verifica-se que 46% dos coordenadores possuem o curso de especialização, 68% deles concluíram o curso de Mestrado, e que 38% possuem o curso de Doutorado. Observa-se, portanto, um potencial de qualificação considerável, considerando-se tratar de ensino superior.

A análise do tempo de formação permite verificar que, 61% dos coordenadores possuem mais de 10 anos de tempo de formação. Destaca-se que, a formação de profissionais de cada área contribui para a melhoria da sua área de atuação. Por exemplo, a formação de bons profissionais de educação, que dominem metodologias diversas de ensino, propiciam uma melhoria na relação de ensino e aprendizagem.

Já quanto ao tempo de experiência como coordenador na IES, 54% dos mesmos possuem menos de 5 anos de experiência em suas atividades. Mesmo ampliando um pouco mais a abrangência da amostra, verifica-se que 73% possuem menos de 10 anos de experiência como coordenador. Assim, 23% podem ser considerados profissionais experientes, por possuírem mais de 10 anos no exercício da função.

No que se refere à atuação em sala de aula, diretamente com os alunos, todos os coordenadores da IES (100%) lecionam. Prevalece neste contexto, o ter que se fazer mais ao mesmo tempo, modificando assim as formas de pensar, de sentir e de agir dos coordenadores, mas também garantindo a sua ligação ao magistério e à sala de aula, e o estar em contato direto com os alunos.

Ainda na análise do contexto das atividades dos coordenadores, 15% destes exercem atividades em outras IES. Destaque para o tempo que atuam em mais de uma IES, a

pesquisa apresenta que um deles atua há 12 anos em outras IES, outro há 23 anos e outro ainda já tinha atuado por mais de 5 anos.

Nas questões subjetivas foi solicitado que adicionem aspectos que considerem relevantes. Alguns aprofundam qual seria o papel a ser exercido pelos professores face ao momento atual, sendo ele um tutor, alguém que apresenta opções e as discute com o aluno, porque o conteúdo está à disposição para qualquer um, mas a experiência, a troca é que engrandece o aprendizado.

Sobre qual seria o entendimento de uma boa experiência do aluno, no curso, e pelas respostas dadas, os coordenadores entendem que o aproveitamento de todas as oportunidades de aprendizado para consolidar conhecimentos teóricos e práticos, e principalmente o prático. Adicionalmente, também importa gerar entusiasmo/motivação para aprender; apoiar o raciocínio e o método científico; formar um conhecimento sólido e conseguir fazer aplicações práticas. Por último, o acompanhamento, além de continuado; de fomentar a participação do aluno de forma efetiva na sua transformação ou desenvolvimento, tornando-o um elemento ativo e envolvido.

Verifica-se que, o papel das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem, seriam o de auxiliar o aluno desta geração, que apresenta dificuldades de concentração em aulas expositivas dialogadas; facilitar o desenvolvimento de conhecimento, humanismo, senso crítico e senso ético, no estudante; facilitar o relacionamento entre o professor e o aluno; e o de permitir o desenvolvimento de novas habilidades e competências.

Quanto à questão que investiga quais as experiências envolvendo alunos e TIC que poderiam partilhar neste estudo, foram reportados muitos projetos. Inúmeros docentes desenvolvem nas suas disciplinas, experiências com recurso ao celular, Chats, videoaulas; plataformas de gamificação, entre outras.

A questão final evidenciou que os coordenadores da IES consideram importante no contexto do uso das TIC no ensino superior. Estes reportam que os docentes devem procurar se informar mais sobre o assunto, bem como investir em formação. Por sua vez, as IES devem propor aos estudantes, regras e métodos de utilização das mesmas, para que o processo de aprendizagem, não seja desvirtuado através das TIC. Em complemento, devem estes utilizar

as ferramentas para potencializar o seu desenvolvimento.

A partir das respostas dos alunos, também é possível observar que, os professores no decorrer dos semestres tendem a incrementar as práticas pedagógicas, talvez no intuito de prender a atenção e motivar os alunos através de adaptações das práticas anteriormente utilizadas.

Percepções da equipe pedagógica

As questões abordadas para a entrevista foram as mesmas utilizadas com os coordenadores de curso, uma vez que a equipe pedagógica (designada por COGRAD, na IES) também é considerada como Gestor, na estrutura organizacional da IES.

Em relação à formação profissional da equipe verifica-se que, 100% são graduados, abrangendo as áreas de Administração (01), Pedagogia (04) e Psicologia (04). A formação dos integrantes da equipe está, portanto, alinhada com a missão e finalidade do setor.

Quanto ao tempo de formação profissional, observa-se que 78% dos profissionais da educação possuem entre 11 e 20 anos de formação profissional, podendo então serem considerados como profissionais experientes. Essa condição é avaliada como positiva, uma vez que a experiência advém da prática pedagógica.

No que se refere à especialização da equipe, composta em sua maioria por Mestres e Doutores (56 e 22% respectivamente), sendo que, duas pessoas (22%) possuem o curso de especialização. Em relação ao tempo de formação, os professores têm uma variação de tempo que vai de 1 ano a 17 anos, tendo em média 10 anos de formação na média.

Quanto ao tempo de atuação, 5 entrevistados têm até 5 anos de atuação, e 4 atuam entre 6 e 10 anos. Somente 2 profissionais atuam há menos de 1 ano, como gestor, e os demais possuem experiência na função. Seis dos nove entrevistados possuem mais de cinco anos de atuação. Os participantes da pesquisa foram indagados se também atuam como professores na IES, sendo que três responderam positivo e cinco não são professores da IES, e somente um é professor de pós-graduação – Especialização.

Ainda na análise do contexto das atividades da coordenação, buscou-se conhecer quantos profissionais exerciam atividades em outras IES. Os entrevistados responderam que 100% atuam exclusivamente na IES. Isso ocorre

devido à própria política da IES cenário deste estudo de caso, que exige exclusividade de função.

A segunda parte da entrevista buscou-se compreender as estratégias para o uso das tecnologias de informação e comunicação, no contexto da equipe de apoio docente/discente da IES. Em especial, qual seria em sua opinião o papel a ser exercido pelos professores face ao momento atual. Em função das respostas, foi observado que o papel como facilitador é bem destacado nos discursos, onde o papel do professor é de provocador de conhecimento e que o aluno também é autor no processo de ensino e aprendizagem.

Na questão relativa ao que é considerado como uma boa experiência do aluno no curso, as respostas dos participantes da pesquisa estão em grande medida, relacionadas com as questões do aprendizado dos alunos para aplicação na vida profissional, bem como em metodologias utilizadas pelos professores no processo de ensino e aprendizagem.

Sobre qual o papel das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem, é mencionada a visão de se tratar de uma ferramenta que possa fazer a diferença no processo de ensino e aprendizagem, tornando o mesmo mais dinâmico, descentralizado da figura do professor quanto à aquisição de conhecimento, onde o mesmo passa a ser o mediador e facilitador, e não mais a figura central do processo.

Por último, as experiências envolvendo alunos e TIC partilhadas pelos inquiridos foram reduzidas. Somente um professor teve experiência para compartilhar que foi o acompanhamento do uso da plataforma Moodle por professores, o que deixa bastante a desejar nesse quesito, tendo em vista que, o uso das TIC fora citado como ferramenta importante para o processo de ensino e aprendizagem. Em contradição com os mesmos ainda não utilizarem as TIC em suas aulas.

As respostas fornecidas nessa etapa qualitativa confirmam as respostas obtidas na primeira etapa da entrevista, quando a maioria da equipe responde que não leciona (não atua em sala de aula). Isso de certa forma pode ser prejudicial, pois como a equipe não tem a vivência em sala de aula na IES, não consegue visualizar a prática dos docentes da IES, podendo sugerir ou dar exemplos quando os professores questionem. Adicionalmente não vivenciam em primeira mão os alunos e os

desafios colocados pelos seus perfis em particular.

Apresentando a visão dos professores enquanto equipe pedagógica, é importante destacar que, são identificadas dificuldades variadas como, muitos dos professores possuem anos de formação e não tiveram uma formação pedagógica ou continuada, ficando alheios às tecnologias de informação e comunicação, ao seu uso e exploração em sala de aula. Em complemento, rejeitam a sua utilização ou mesmo sentem receio de usar as TIC. Os professores com formação mais recente, sofrem com o fato de muitas faculdades ainda não incluírem em sua grade curricular disciplinas voltadas para uso das TIC em sala de aula. Assim, sentem-se perdidos para incluí-las em sua prática pedagógica. Outros apenas rejeitam o uso, acreditando ser desnecessário, e que em nada contribui para a aprendizagem, não se esforçando para o aprendizado de TIC.

Conclusão

Foi possível verificar que as percepções sobre os limites e possibilidades de atuação dos professores que atuam na modalidade de ensino superior presencial e permitindo identificar que, estes percebem que a formação docente para utilização das TIC é fundamental para a sua exploração em contexto de ensino e aprendizagem. Os professores demonstrando ciência da importância das TIC enquanto ferramentas, contudo verificou-se também que há um impedimento para a prática das mesmas, para além da necessidade de formação com estas, criando barreiras à mudança e à necessidade de estabelecer boas práticas e de as estimular no contexto da prática docente. Nesse contexto, perceberam-se os entraves para utilização das TIC, acreditando-se ser necessário promover a capacitação dos professores para que a utilização seja proveitosa, criando estratégias que tem de ter em consideração não apenas as TIC e o seu ensino, mas uma sensibilização prévia para a sua importância, e para contextos concretos da sua aplicação pelos professores em processos, também eles concretos, de ensino e aprendizagem.

Quanto à visão do Corpo Discente, isto é, dos alunos da comunidade da IES, o estudo permitiu concluir que os alunos acreditam que a forma como os professores trabalham em sala de aula de uma maneira geral, de fato gera aprendizado, apresentando no entanto algumas áreas para se melhorar (uso de textos grandes e

maçantes, estratégias muito tradicionais tradicionalismo, entre outras críticas apresentadas). É importante destacar que, alguns alunos mencionam a responsabilidade e o papel de importância do aluno, que o professor expõe o conteúdo, mas, o aluno deve se aprofundar e ele próprio buscar o conhecimento tornando-se mais ativo.

O estudo está alinhado com outros estudos da literatura ao apontar a necessidade de um aprofundamento das práticas de uso e exploração de meios digitais por parte de docentes e discentes. No caso dos professores, colocam-se barreiras associadas com a literacia tecnológica e o investimento de mudar as suas práticas, num esforço que tem de ser acompanhado. No caso dos alunos, uma consciência que os métodos em sala de aula, embora aceitáveis, necessitam de atualização e de considerar um papel mais ativo dos alunos.

O estudo possibilitou aprofundar a situação existente de modo a constituir um subsídio para conhecer as necessidades do uso de mídias digitais no processo de formação de educadores, com a consciência que as tecnologias permeiam o dia a dia e o seu uso na educação tem sido cada vez mais solicitado. Também permitiu perceber que, embora exista a percepção da importância das TIC no processo de ensino e aprendizagem, o seu real uso, ainda é objeto de dificuldades de entendimento e por parte, em maior ou menor grau, de todos os grupos estudados.

Referências

- ABRAMOWICZ, A. Além do fracasso escolar. São Paulo: Papirus, 2010.
- ARAÚJO, A. C. M.; GOUVEIA, L. B. O digital nas instituições de ensino superior: Justificação para o diagnóstico sobre a percepção de gestores, professores e alunos. In: GADI (coord.). Gabinete de Relações Internacionais e Apoio ao Desenvolvimento Institucional. Universidade Fernando Pessoa. Atas dos Dias da Investigação na UFP. Porto, 2017. 861p.
- ARAÚJO, A. C. M.; GOUVEIA, L. B. O Digital nas instituições de ensino superior: Um diagnóstico sobre a percepção da comunidade acadêmica de uma instituição de ensino superior em Belém do Pará (Brasil). Revista Estação Científica, v.19, p.1-26, 2018c.
- ARAÚJO, A. C. M.; GOUVEIA, L. B. O digital nas instituições de ensino superior: Um diagnóstico sobre a percepção docente em uma instituição de ensino superior em Belém do Pará. In:

- Congresso Nacional de Educação, 2, 2018, Poço de Caldas. Anais... Poços de Caldas, 2018a.
- ARAÚJO, A. C. M.; GOUVEIA, L. B. Tecnologias de Informação e Educação aplicada ao Ensino Superior: Percepções em uma IES em Belém do Pará. In: Seminário do ForTEC. Tecnologias Digitais, Redes e Educação, 4, 2018, Anais... São Salvador, 2018b. p.1056-1066.
- BENTO, J.; GARCIA, R.; GRAÇA, A. Contextos da Pedagogia. Lisboa: Livros Horizonte, 2009. 264p.
- BERNARDI, S. T. Utilização de softwares educacionais nos processos de alfabetização, de ensino e aprendizagem com uma visão psicopedagógica. Revista REI, v.5, n.10, p.1-15, 2010.
- DEMO, P. O Poder do aprendizado na era da educação. São Paulo, Editora Paz e Terra, 2008. 196p.
- FRY, H.; KETTERIDGE, S.; MARSHALL, S. A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education. Enhancing Academic Practice. New York: Routledge. 2009. 544p.
- GESSINGER, R.; MORAES, M. C.; LOPES LEITE, L.; VALDEREZ LIMA, M. do R. O uso pedagógico de recursos tecnológicos como estratégia para qualificar o ensino e contribuir para a redução da evasão na educação superior. In: Conferência Latino Americana sobre el Abandono em la Educacion Superior, 3, 2016, México. Anais... México, 2016.
- ISAIA, S. M. de A.; BOLZAN, D. P. V. Formação do professor do Ensino superior: Um processo que se aprende? Revista do Centro de Educação UFSM, v.29, n.2, p.121-133, 2001.
- KUHN, T. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1975. 257p.
- MARCONI, M. A. de; LAKATOS, E. M. Fundamentos de Metodologia Científica. São Paulo: Atlas, 2017. 311p.
- MARTINS, E. E GOUVEIA, L. Desenvolvimento do aplicativo ML-SAI para Android com uso do App Inventor. Artigo Completo. In: Escola Regional de Informática de Mato Grosso, 10, 2019, Cuiabá. Anais...Cuiabá, 2019. p.49-54.
- MARTINS, E. E GOUVEIA, L. Facebook como ferramenta de apoio ao ensino. Artigo Curto. In: Escola Regional de Informática de Mato Grosso, 10, 2019, Cuiabá. Anais...Cuiabá, 2019a. p.148-150.
- MARTINS, E. E GOUVEIA, L. Sala de aula invertida com auxílio do WhatsApp. Artigo Curto. In: Escola Regional de Informática de Mato Grosso, 10, 2019, Cuiabá. Anais...Cuiabá, 2019b. p.169-171.
- PIAGET, J. A Linguagem e o pensamento da criança. São Paulo: Martins Fontes, 1986. 212p.
- SEMESP. Mapa do Ensino Superior no Brasil. 5ª Edição. Sindicato de Mantenedoras de Ensino Superior. 2015. 212p.
- WIEGEL, V. Lean in the classroom, the powerful strategy for improving student performance and developing efficient processes. New York: Routledge. 2020. 215p.

***Trichoderma* spp. COMO PROMOTOR DE CRESCIMENTO DE MUDAS DE MAMÃO**

Aloísio Freitas Chagas Junior¹

Albert Lennon Lima Martins²

Gabriel Soares Nóbrega³

Thyenny Gleysse Castro Silva⁴

Lillian França Borges Chagas⁵

¹Dr. Prof. Associado, UFT, Gurupi-TO, chagasjraf@mail.uft.edu.br

²Doutorando em Prod. Vegetal, UFT, Gurupi-TO, eng.albertlennon@gmail.com

³Mestrando em Prod. Vegetal, UFT, Gurupi-TO, g.soares_09@hotmail.com

⁴Enga. Biop. Biotecnologia, UFT, Gurupi-TO, thyennycastro@hotmail.com

⁵Dra. Profa. Adjunta, UFT, Gurupi-TO, lillianfbc@uft.edu.br

Introdução

O mamão (*Caricacpapaya* L.) é uma cultura que tem uma grande importância social e elevada expressão econômica, conhecida por seus benefícios nutricionais e várias aplicações cosméticas e medicinais (MALABADI et al., 2011). O Brasil se destaca no cenário mundial ocupando o terceiro lugar como maior produtor de frutas, sendo o segundo maior produtor de mamão (TREICHEL et al., 2016).

Fungos do gênero *Trichoderma* são de grande importância para a agricultura, uma vez que são capazes de atuar como agentes de controle de doenças de plantas, na promoção de crescimento, e indutores de resistência a doenças, como tem sido demonstrado por vários pesquisadores como Gava e Menezes (2012) para meloeiro, Silva et al. (2014) para maracujazeiro, Chagas et al. (2016) e Chagas Jr et al. (2014), para feijão caupi. Espécies de *Trichoderma* são capazes de produzir antibióticos, metabólitos primários e secundários, fito hormônios, vitaminas, o controle de fitopatógenos e fazer a solubilização de fosfatos (CHAGAS et al., 2015).

O fósforo (P) é um dos elementos mais limitante para o crescimento da planta, podendo ocupar cerca de 2% da matéria seca vegetal, e a concentração de P solúvel no solo varia de 0,05 a 10 mg L⁻¹, e no solo mais de 80% de P se torna imóvel e indisponível para absorção das plantas por causa da adsorção, precipitação ou conversão em forma orgânica (HAWKESFORD et al., 2012). Considerando que a utilização indiscriminada de fosfatos disponíveis no mercado com diferentes concentrações de P, na forma de P₂O₅, são poluentes do solo, o uso de fosfatos naturais de baixa solubilidade pode ser uma alternativa de substituição a fertilizantes solúveis, principalmente pela liberação gradual,

minimizando o processo de fixação do fósforo, principalmente em solos tropicais (WITHERS et al., 2018).

Diante disso, objetiva-se avaliar o efeito do uso de *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento em mudas de mamão em casa de vegetação, na presença e ausência do fosfato natural.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizada nas coordenadas de 11°43'45" de latitude Sul e 49°04'07" de longitude Oeste e altitude de 280 m.

Experimento em laboratório

Para a instalação dos experimentos, foram utilizados vasos com capacidade de 2 L, preenchidos com solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (peneirado) de textura média, na profundidade de 0-20 cm, obtido na própria estação experimental da UFT, possuindo as seguintes características: 4,0 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,9 cmolc dm⁻³ de Mg; 0,1 cmolc dm⁻³ de K; 2,8 mg dm⁻³ de P; 0,06 cmolc dm⁻³ de Al; 8,3 cmolc dm⁻³ de CTC; 5,0 cmolc dm⁻³ de soma de bases (S); 61% de saturação de bases (V); pH 5,8 em água; 1,7% de matéria orgânica; textura de 79, 5,0 e 16% de areia, silte e argila, respectivamente: P e K – extrator Mehlich 1; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ – Extrator KCl (1 mol L⁻¹) (EMBRAPA, 2009).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 7x2, sendo o primeiro fator constituído de inoculação individual de cinco isolados de *Trichoderma* spp. (UFT 57, UFT 201, UFT 202, UFT 203, UFT 205), uma inoculação com um MIX dos cinco isolados e uma

testemunha sem inoculação. Já o segundo fator consistiu de solo com e sem adubação com fosfato natural. Os isolados utilizados no presente trabalho foram caracterizados pelo

sequenciamento da região TEF (Translation Elongation Fator) e identificados pelos códigos de acesso no GenBank (Tabela 1).

Tabela 1. Códigos de acesso no GenBank para os isolados de *Trichoderma* spp. (TEF)

Isolados	Identificação da Espécie	Acesso GenBank	Referência
UFT 57	<i>T. virens</i> CIB T147	EU280060	Hoyos-Carvajal et al. (2009)
UFT 201	<i>T. asperelloides</i> GJS 04-217	DQ381958	Samuels et al. (2010)
UFT 202	<i>T. harzianum</i> CIB T23	EU279989	Hoyos-Carvajal et al. (2009)
UFT 203	<i>T. harzianum</i> CIB T23	EU279989	Hoyos-Carvajal et al. (2009)
UFT 205	<i>T. asperelloides</i> GJS 04-217	DQ381958	Samuels et al. (2010)

Os isolados foram colocados para crescer separadamente em placas de *Petri* contendo meio BDA (batata, dextrose e ágar) e incubados à temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas, por sete dias, período determinado para o crescimento das colônias de *Trichoderma*. Sacos de polipropileno contendo 250 g do arroz mais 250 mL de água destilada foram autoclavados a 121°C por 1 hora. Após o resfriamento, o arroz foi inoculado com seis discos de 6 mm de diâmetro de cada isolado, separadamente, contendo micélios e esporos de *Trichoderma* spp. em meio BDA e incubados em câmara de crescimento tipo B.O.D. com temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas por sete dias. A cada dois dias, o substrato contendo arroz foi revolvido, para facilitar as trocas gasosas, a quebra dos agregados miceliais e o aumento da esporulação.

Foram retirados 30 g do arroz colonizado de cada isolado de *Trichoderma* spp. e misturados em 2 kg de solo. A concentração de *Trichoderma* spp. utilizada no experimento foi de 2×10^8 UFC por grama de arroz colonizado. Na testemunha, foi inserido no substrato o arroz sem *Trichoderma* spp.

Para o experimento com solo adubado com fosfato natural, foi utilizado $0,3 \text{ g vaso}^{-1}$ de fosfato natural insolúvel na concentração de 100 mg kg^{-1} de solo ($65 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$). Utilizou-se concentrado fosfático comercial com teor de P_2O_5 total de 32%, extraído em digestão com HCl, solúvel em ácido cítrico de 2%, sendo o solubilizado em solução de ácido cítrico de 20 g L^{-1} por agitação.

Foram semeadas seis sementes por vaso, sendo feito o desbaste aos 15 dias após a germinação, deixando duas plantas por vaso. Aos 20 e 40 dias após a emergência (DAE) as

plantas foram colhidas e o material coletado foi lavado em água corrente e levado para secar em estufa a 60°C por 72 horas para determinação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Com os dados de biomassa das duas avaliações, determinou-se a eficiência relativa de cada tratamento (Eq. 1).

$$ER = (\text{MSPA inoculada com os isolados/MSPA sem inoculante}) \times 100 \text{ (Eq. 2)}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de agrupamento de média Duncan a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta.

Resultados e Discussão

A inoculação dos isolados de *Trichoderma* em mudas de mamão em todas as variáveis avaliadas mostram resultados superiores à testemunha ($p < 0,05$) nos tratamentos com e sem fosfato natural, aos 20 dias após o plantio (DAP) (Tabela 2).

Para a massa seca da parte aérea (MSPA), o isolado UFT 201 e o Mix são superiores ($p < 0,05$) à testemunha no solo sem adubação de fosfato natural, seguidos pelos isolados UFT 202, UFT 203, UFT 205 e UFT 57. Já na presença do fosfato natural os isolados UFT 201 e UFT 202 e o Mix são superiores ($p < 0,05$) aos demais tratamentos. Para a MSR os isolados UFT 202 e MIX são superiores aos demais em solo sem adubação de fosfato natural e o Mix apresenta-se superior aos demais no solo com fosfato natural. Para MST o MIX apresenta-se superior aos demais na presença de fosfato natural no solo (Tabela 2).

Tabela 2. Biomassa de mudas de mamão (*Carica papaya* L.) em solo inoculado com *Trichoderma* spp., com e sem fosfato natural, aos 20 e 40 dias após o plantio, Gurupi-TO

Tratamentos	MSPA (g)			MSR (g)			MST (g)		
	SP ²	CP ³	Média	SP	CP	Média	SP	CP	Média
20 DAE									
UFT 57	1,1 bA	0,9 bB	1,0 ab	1,0 bA	0,8 bB	0,9 ab	2,2 bA	1,6 bB	1,9 ab
UFT 201	1,6 aA	1,1 aB	1,4 a	0,8 cA	0,7 bA	0,8 b	2,4 abA	1,9 bB	2,2 ab
UFT 202	1,4 abA	1,0 aB	1,2 a	1,3 aA	0,7 bB	1,0 ab	2,7 aA	1,7 bB	2,2 ab
UFT 203	1,4 abA	0,7 cB	1,1 a	0,8 cA	0,8 bA	0,8 b	2,2 bA	1,6 bB	1,9 ab
UFT 205	1,3abA	0,9 bB	1,1 a	0,8 cA	0,7 bA	0,8 b	2,2 bA	1,6 bB	1,9 ab
MIX	1,5 aA	1,2 aB	1,4 a	1,3 aA	1,2 aA	1,3 a	2,8 aA	2,3 aB	2,7 a
Testemunha	0,7 cA	0,6 dA	0,7 c	0,7 dA	0,5 cA	0,6 bc	1,3 cA	1,1 cB	1,2 c
Média	1,3 A	0,9 B	-	1,0 A	0,8 A	-	2,3 A	1,7 B	-
CV (%) ⁴	13,1	18,8	12,1	12,6	19,4	12,6	10,8	14,9	10,5
40 DAE									
UFT 57	2,2 cA	1,8 bB	2,0 bc	2,8 cA	1,5 dB	2,2 bc	4,8 dA	3,3 cB	4,1 bc
UFT 201	2,6 bA	1,8 bB	2,2 ab	3,1 bA	2,0 cB	2,6 b	5,7 bcA	3,8 bcB	4,8 b
UFT 202	2,9 abA	1,6 cB	2,3 a	2,9 bcA	2,1 cB	2,5 b	5,8 bcA	3,7 bcB	4,8 b
UFT 203	2,4 bA	2,2 aB	2,3 a	3,3 bA	2,1 cB	2,7 b	5,7 cA	4,3 bB	5,0 b
UFT 205	3,2 aA	1,9 bB	2,6 a	3,6 aA	3,2 aA	3,4 a	6,8 aA	5,1 aB	6,0 a
MIX	2,6 bA	2,2 aB	2,4 a	3,5 abA	2,8 bB	3,2 a	6,1 bA	5,0 aB	5,6 a
Testemunha	1,9 cdA	1,4 dB	1,7 c	2,1 dA	1,3 eB	1,7 c	4,0 eA	2,7 dB	3,4 c
Média	2,5 A	1,8 B	-	3,0 A	2,1 B	-	5,6 A	4,0 B	-
CV (%)	13,1	11,2	11,9	14,2	12,2	12,0	11,1	11,3	11,0

¹Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. ²Sem fosfato natural. ³Com fosfato natural. ⁴Coefficiente de variação.

Na avaliação aos 40 DAP, todos os tratamentos com *Trichoderma* spp. também são significativamente superiores a testemunha em todos os parâmetros avaliados, na presença e ausência de fosfato natural (Tabela 2). Para a MST, destaca-se para os isolados UFT 205 que se apresenta superior ($p < 0,05$) aos demais na ausência de fosfato natural e junto com o tratamento Mix são superiores ($p < 0,05$) aos demais na presença de fosfato natural (Tabela 2).

A inoculação com o Mix é o que apresenta maior eficiência em todas as características avaliadas aos 20 e 40 DAE. Estes fungos são capazes de converter fósforo insolúvel em formas solúveis durante o processo de acidificação ou quelação, ou por hidrólise mediada pelas enzimas fosfatases, que normalmente são secretadas em condições de ausência de fósforo inorgânico (RESENDE et al., 2014).

Quanto à eficiência relativa (ER), que relaciona a biomassa da parte aérea, dos tratamentos inoculados com *Trichoderma* em

relação à testemunha, aos 20 DAP, com e sem fosfato natural, observa-se valores superiores ($p < 0,05$) para os tratamentos com inoculação de *Trichoderma* spp. (Figura 1).

Ocorre um aumento de 57 a 146%, respectivamente em relação à testemunha, em solo com fosfato natural, e de 30 a 110% em solo sem fosfato natural. Quanto à ER aos 40 DAP, os tratamentos inoculados com *Trichoderma* spp. em solo com fosfato natural são superiores, com aumento de 16 a 62% em relação à testemunha. Nos tratamentos em solos sem fosfato natural a ER obtém um aumento de 16 a 58% em relação à testemunha (Figura 1).

Os resultados alcançados no presente estudo corroboram com os de Chagas et al. (2017), que também observaram acúmulo de biomassa para as culturas da soja, feijão caupi, arroz e milho. A relação deste fungo com a planta ocorre através da colonização das raízes pela produção de fito-hormônios que podem estimular o crescimento pela solubilização de fosfato e micronutrientes (CHAGAS et al., 2015; SILVA et al., 2017).

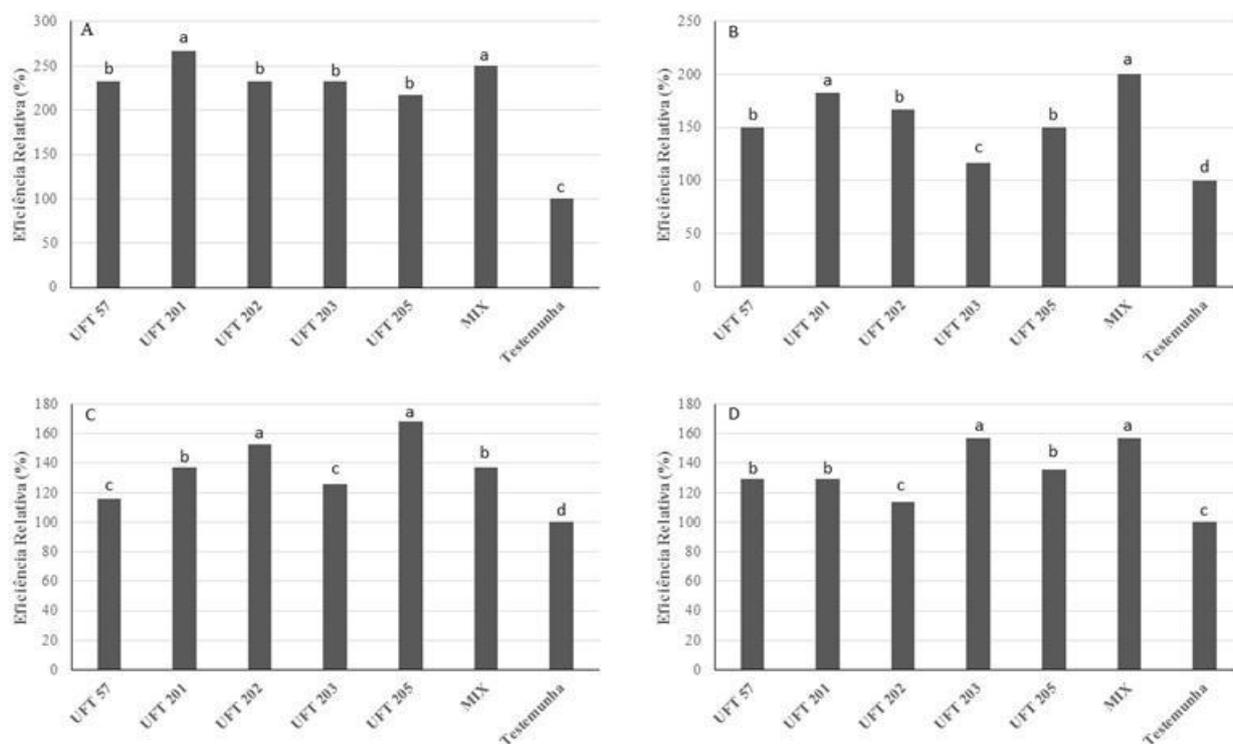


Figura 1. Eficiência relativa de mudas de mamão, inoculadas com isolados de *Trichoderma* com e sem adubação de fosfato natural em relação à testemunha sem inoculação aos 20 dias após o plantio. A) com fosfato natural, e B) sem fosfato natural; e aos 40 dias após o plantio, C) com fosfato natural, D) sem fosfato natural.

De acordo com Saba et al. (2014), a interação de *Trichoderma* spp., com a planta, ocorre devido mudanças na arquitetura da raiz, aumentando a área de superfície da mesma devido a colonização pelo fungo, o que consequentemente altera a fisiologia da planta, resultando benefícios como tolerância ao estresse hídrico e mico parasitismo. Dessa forma, a associação de plantas com *Trichoderma* pode aumentar a eficiência de fontes fosfatadas de baixa solubilidade, de modo a favorecer a solubilização e consequentemente a absorção de fósforo, refletindo no incremento de biomassa, o que pode ter relação com o incremento de biomassa das mudas de mamão no presente trabalho.

Segundo Mendes et al. (2014), o uso de fungos solubilizadores de fosfato é uma estratégia biotecnológica promissora para o manejo de fósforo no solo, uma vez que, permite a utilização de fosfatos insolúveis, como o fosfato de rocha ou a recuperação de fósforo indisponível, fixo em partículas do solo. Esta solubilização a partir de fosfatos inorgânicos pode ocorrer simplesmente pela redução do pH que ocorre como resultado da atividade metabólica (WAKELIN et al., 2004). Segundo Mendes et al. (2014), a acidificação do meio é um dos mecanismos efetivos na solubilização,

especialmente para $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. A exsudação celular de H^+ para o balanço da absorção de NH_4^+ pode reduzir o pH das soluções e propicia o aumento de algumas formas de fosfato de cálcio (RIBAS et al., 2016). Além disso, a produção de ácidos orgânicos pelos fungos também pode ser um mecanismo responsável por acidificar o meio (RUDRESH et al., 2005).

Conclusão

Os isolados de *Trichoderma* spp. separados e na forma de MIX apresentaram efeito satisfatório como promotor de crescimento em mudas de mamão em casa de vegetação, na presença e ausência do fosfato natural.

Referências

- CHAGAS JR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; SANTOS, G. R.; REIS, A. F. B.; CHAGAS, L. F. B. Promoção de crescimento em feijão-caupí inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp. no cerrado. Revista Caatinga, v.27, n.3, p.190-199, 2014.
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. Revista de Agricultura Neotropical, v.4, n.3, p.97-102, 2017.
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JR, A. F.; CARVALHO, M. R. de; MILLER, L. de O.; COLONIA, B. S. O.

- Evaluation of the phosphate solubilization potencial of *Trichoderma* strains (*Trichoplus* JCO) and effects on rice biomass. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v.15, n.3, p.794-804, 2015.
- CHAGAS, L. F. B.; DE CASTRO, H. G.; COLONIA, B. S. O.; CARVALHO FILHO, M. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS JR, A. F. Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. *Revista Brasileira de Botânica*, v.38, p.1-9, 2016.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. Brasília-DF, Brasil, 2009. 627p.
- GAVA, C. A. T.; MENEZES, M. E. L. Eficiência de isolados de *Trichoderma* spp. no controle de patógenos de solo em meloeiro amarelo. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.4, p.633-640, 2012.
- HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. London: Elsevier, 2012, 643p.
- HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control*, v.51, p.409-416, 2009.
- MALABADI, R. B.; KUMAR, S. V.; MULGUND, G. S.; NATARAJA, K. Induction of somatic embryogenesis in Papaya (*Carica papaya*). *Researching Biotechnology*, v.2, n.5, p.40-55, 2011.
- MENDES, O. G.; FREITAS, A. L. M.; PEREIRA, O. L.; SILVA, I. R.; VASSILEV, N. B.; COSTA, M. D. Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. *Annals of Microbiology*, v.64, n.1, p.239-249, 2014.
- RESENDE, M. P.; JAKOBY, I. C. M. C.; SANTOS, L. C. R.; SOARES, M. A.; PEREIRA, F. D.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G. Phosphate solubilization and phytohormone production by endophytic and rhizosphere *Trichoderma* isolates of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess). *African Journal of Microbiology Research*, v.8, n.27, p.2616-2623, 2014.
- RIBAS, P. P.; RECH, R.; MATSUMURA, A. T. S.; VANDERSAND, S. T. Potencial *in vitro* para a solubilização de fosfato por *Trichoderma* spp. *Revista Brasileira de Biociências*, v.14, n.2, p.70-75, 2016.
- RUDRESH, D. L.; SHIVAPRAKASH, M. K; PRASAD, R. D. Tricalcium phosphate solubilizin gabilities of *Trichoderma* spp. In relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicerarietinum* L.). *Canadian Journal of Microbiology*, v.51, n.2, p.217-222, 2005.
- SABA, H. *Trichoderma* – a promising plant growth stimulator and biocontrol agente. *Mycosphere*, v.3, n.4, p.524-531, 2014.
- SAMUELS, G. J.; ISMAIEL, A.; BON, M. C.; DE RESPINIS, S.; PETRINI, O. *Trichoderma asperellum* sensulato consists of two cryptic species. *Mycologia*, v.102, n.4, p.944-966, 2010.
- SILVA, A. N. da; AZEVEDO, G. B. de; SOBRINHO, G. G. R.; NOVAES, Q. S. de. Efeito de produtos químicos e de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium solani* do maracujazeiro. *Interciência*, v.39, n.6, p.398-403, 2014.
- SILVA, F. F.; CASTRO, E. M.; MOREIRA, S. I.; FERREIRA, T. C.; LIMA, A. E.; ALVES, E. Emergência e análise ultra estrutural de plântulas de soja inoculadas com *Sclerotinia sclerotiorum* sob efeito da aplicação de *Trichoderma harzianum*. *Summa Phytopathologica*, v.43, n.1, p.41-45, 2017.
- TREICHEL, M.; KIST, B. B.; SANTOS, E. C. DOS; CARVALHO, C. DE; BELING, R. R. Anuário Brasileiro da Fruticultura. Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 88p.
- WAKELIN, S. A.; WARREN, R. A.; HARVEY, P. R.; RYDER, M. H. Phosphate solubilization by *Penicillium* spp. Closely associated with wheat roots. *Biology and Fertility of Soils*, v.40, n.3, p.36-43, 2004.
- WITHERS, P. J. A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S.; GUILERME, L. R. G.; BENITES, V. M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. *Scientific Reports*, v.8, n.2537, p.1-12, 2018.

AÇÃO DOS HERBICIDAS GLIFOSATO E SULFENTRAZONE SOB *Trichoderma* spp.

Lillian França Borges Chagas¹
Rodrigo Silva de Oliveira²
Antônio Carlos da Costa Neves³
Albert Lennon Lima Martins⁴
Aloísio Freitas Chagas Junior⁵

¹Profª. Drª. Titular, UFT, Gurupi-TO, lillianfbc@mail.uft.edu.br

²Eng. Agrônomo, UFT, Gurupi-TO, d.rigo.oliveira@hotmail.com

³Eng. Agrônomo Mestre em Produção Vegetal, Gurupi-TO, carloscostanevesk2@hotmail.com

⁴Eng. De Bioprocessos e Biotecnologia, UFT, Gurupi-TO, fluaneg@gmail.com

⁵Prof. Dr. Associado, UFT, Gurupi-TO, chagasjraf@mail.uft.edu.br

Introdução

A restrição mundial ao uso de produtos químicos para a prevenção de doenças das plantas têm sido um dos principais temas discutidos nos meios científicos na busca de novas alternativas ao controle de fitopatógenos, como o controle biológico, a fim de atender as exigências do mercado consumidor (BETTIOL & MORANDI, 2009).

Movimentos organizados podem motivar um declínio da ação regulatória dos pesticidas químicos, aliado à resistência das pragas, e como consequência serem substituídos ou ter seu uso diminuído em ambientes que se deseja manter as comunidades microbianas do solo, além do interesse da população por produtos orgânicos cada vez maiores (GORGEN et al., 2009).

Os fungos do gênero *Trichoderma* spp. vêm recebendo grande atenção da comunidade científica, por sua versatilidade de ação, como antibiose, hiper parasitismo e competição. Apresentam uma diversidade de estratégias de sobrevivência, que os tornam fungos altamente competitivos no ambiente, e mostram boa capacidade de proliferação na rizosfera (RESENDE et al., 2004; MELO, 2009). Estes micro-organismos têm a capacidade de controlar os patógenos das sementes, entre outros aspectos positivos tais como, promotor de crescimento, controle de enfermidades do solo, ajuda na decomposição da matéria orgânica, estimula o crescimento de raízes e pelos absorventes, resistência sistêmica contra pragas, nematicidas, além de melhorar a qualidade do solo permitindo melhor nutrição (PERAZZOLLI et al., 2008; VINALE et al., 2008; BOMFIM et al., 2010; SILVA et al., 2011; CAPRONI et al., 2012; CHAGAS et al., 2014).

É importante entender que, a eficiência destes agentes biológicos é afetada diretamente

pelos fatores bióticos locais, tais como a presença de bactérias antagonistas de solo (YEDIDIA et al., 2002), e também por fatores abióticos, tais como tipo de solo, umidade, pH, temperatura, metais pesados e resíduos de pesticidas (LUCON, 2009).

Como o uso de herbicidas está cada vez mais comum e frequente, algumas medidas importantes devem ser tomadas, pois, embora estes defensivos químicos visem o controle de plantas daninhas, eles podem afetar organismos não alvos, a exemplo dos fungos antagonistas (PEIXOTO et al., 2010). Também, os herbicidas podem influenciar no crescimento ou no desenvolvimento de diversos fungos fitopatogênicos ou saprófitos do solo (ROSA et al., 2010).

A ação do glifosato, que é um herbicida de pós-emergente qualificado como não seletivo e de ação sistêmica, vem sendo amplamente utilizado para o controle de plantas daninhas anuais ou perenes. O uso intensivo deste herbicida pode afetar o desenvolvimento dos fungos entomopatogênicos de ocorrência natural. Pesquisadores como Araújo et al. (2003) indicam que, a presença do glifosato no solo pode causar alterações na população microbiana, no entanto, Júnior (2006) cita que, a eficiência de alguns pesticidas aplicados no solo após vários anos tem diminuído, provavelmente, devido a adaptação dos micro-organismos a estes produtos, levando a rápida degradação logo após a sua aplicação.

Outro herbicida importante, o sulfentrazone, que faz parte do grupo das ariltriazolinonas, tem seu mecanismo de ação relacionado com a inibição da enzima protoporfirinogênio oxidase (Protox) (NANDIHALLI & DUKE, 1993). Martinez et al. (2007), pontuaram que não há registros na literatura sobre a identificação de micro-

organismos que degradem a sulfentrazona. Ressaltam ainda que, esse herbicida, destaca-se como um dos mais utilizados nas principais culturas do Brasil. Silva et al. (2014), avaliando diferentes tipos de solo e épocas de aplicação, sugeriram que esse herbicida afeta nos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo em diferente solos e épocas estudadas. No solo franco-arenoso, o sulfentrazona é o mais prejudicial à biomassa microbiana, à colonização micorrízica e aos micro-organismos solubilizadores de fosfato inorgânico.

Uma vez que, essas moléculas podem afetar a sobrevivência de micro-organismos benéficos do solo, objetiva-se avaliar a fungitoxicidade dos herbicidas Glifosato e Sulfentrazona sobre o crescimento micelial e a esporulação de *Trichoderma* spp.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de microbiologia na Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus de Gurupi.

Foram utilizados cinco isolados de *Trichoderma* spp. (UFT 201, UFT 202, UFT 203, UFT 204 e UFT 205) provenientes da coleção micológica do Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi.

Foram realizados dois experimentos independentes em delineamentos inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com quatro repetições, em que o fator A correspondeu aos isolados de *Trichoderma* spp. e o fator B, às doses de cada herbicida.

Os herbicidas utilizados foram a base de glifosato (2 L ha⁻¹) de aplicação em pós-emergência e sulfentrazona (1,2 L ha⁻¹), de aplicação em pré-emergência. Foram aplicadas as seguintes dosagens, 0, 50, 100, 150 e 200% das doses recomendadas para a cultura da soja visando o controle de plantas daninhas. Na testemunha, foram tratados via pulverização de água destilada estéril.

As soluções do herbicida foram preparadas com 10 mL de água destilada esterilizadas. As soluções foram esterilizadas por filtração em disco de filtro de membrana 0,45 µm, acondicionadas em tubos Falcon estéril.

Os isolados de *Trichoderma* foram multiplicados em placas de Petri tamanho 90mm contendo substrato BDA (250 g de batatas, 20 g dextrose, 20 g ágar, 250 mg de antibiótico Ampicilina, para 1 L água destilada), e incubados a 27°C por sete dias. Em seguida, discos de micélio de 0,6 cm de diâmetro retirados de colônia de *Trichoderma* com sete dias de crescimento foram transferidos para o centro de placas de Petri contendo BDA. Em seguida as placas foram submetidas à pulverização dos herbicidas com auxílio de uma Torre de Potter®, onde foi aplicado um volume de 100 µL sobre os micélios. Após, as placas foram incubadas e mantidas em câmara tipo B.O.D e submetidas à temperatura de 25°C em fotoperíodo de 12 horas de luz.

O crescimento micelial radial foi medido diariamente, com o auxílio de um paquímetro manual medindo-se o diâmetro da colônia do fungo. A medição foi feita até a testemunha ocupar toda a superfície do meio de cultura, ocorrendo em aproximadamente 48 horas. Para avaliar o efeito sobre a esporulação, foi realizada, aos sete dias após a inoculação, a quantificação do número de esporos. Para isso, cada placa foi lavada com 10 mL de água destilada estéril e, com auxílio de um pincel de cerdas macias, realizou-se o desprendimento dos esporos do meio de cultura. A solução foi filtrada em gaze, e a contagem dos esporos foi feita em câmara de Neubauer.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as comparações das médias foram feitas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Para isto, utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta.

Resultados e Discussão

Os herbicidas afetam o crescimento micelial radial (CMR) dos isolados de *Trichoderma* spp., UFT 202, UFT 205, UFT 203 e UFT 201 (Tabela 1). Os isolados UFT 205, UFT 203 e UFT 201 apresentam-se mais sensíveis a partir de 50% da dose comercial do herbicida de pós-emergência glifosato, com redução de 21,9, 17,26 e 18,04%, respectivamente no CMR em relação à dose 0 sem aplicação de produtos. Porém, conforme há aumento da concentração do produto o CMR manteve-se constante.

Tabela 1. Ação de herbicidas Glifosato e Sulfentrazone sobre o crescimento micelial e radial de *Trichoderma* spp., após sete dia de incubação

Tratamentos	Doses (%)				
	0	50	100	150	200
Glifosato - Pós-emergência					
UFT 201	16,17 ab	14,63 a	11,77 a	11,80 ab	12,37 ab
UFT 202	10,70 b	8,70 b	8,30 a	7,97 c	12,13 b
UFT 203	16,07 ab	8,70 b	9,33 a	9,80 bc	11,40 b
UFT 204	17,77 a	13,20 ab	12,67 a	14,77 ab	13,73 ab
UFT 205	16,10 ab	12,47 ab	13,57 a	16,17 a	17,53 a
CV (%)	21,87	24,00	25,90	22,48	20,21
Sulfentrazone - Pré-emergência					
UFT 201	85,00 a	69,67 b	74,00 a	69,67 a	69,00 b
UFT 202	85,00 a	85,00 a	85,00 a	85,00 a	85,00 a
UFT 203	85,00 a	70,33 b	74,67 a	72,33 a	66,33 bc
UFT 204	85,00 a	85,00 a	85,00 a	85,00 a	85,00 a
UFT 205	85,00 a	66,33 b	69,33 a	67,67 a	63,33 c
CV (%)	0,75	3,03	3,76	4,29	2,62

Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Os isolados UFT 204 e UFT 202 não apresentam sensibilidade ao glifosato, não constando redução no CMR nas doses utilizadas. Wadle e Parkinson (1990) explicam que, certos compostos podem influenciar direta ou indiretamente na população fúngica, sendo assim sugerem que dependendo do produto os fungos possuem a capacidade de assimilação e degradação destes materiais utilizando-os como fonte de nutrientes para seu crescimento.

O mecanismo de ação do Glifosato é bastante singular porque ele é o único herbicida capaz de inibir especificamente a enzima 5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfatossintase (EPSPS), que catalisa a condensação do ácido chiquimico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais triptofano, fenilalanina e tirosina (ZABLOTOWICZ & REDDY, 2004).

A enzima EPSPS de todas as plantas, fungos e da maioria das bactérias isoladas e caracterizadas, até hoje, é inibida pelo glifosato. O glifosato é um potente inibidor da enzima EPSPS. As bactérias que produzem a EPSPS podem desenvolver-se na presença de concentrações que seriam tóxicas para outros organismos. Assim, a transferência de gene com tolerância ao glifosato a uma planta suscetível, confere a esta a tolerância ao glifosato (GRUYS & SIKORSKI, 1999).

Há evidência, de que os herbicidas podem influenciar no crescimento ou no desenvolvimento de diversos fungos do solo. Rosa et al. (2010), observaram forte interferência de glyphosate, halosulfuron e

sethoxydim sobre isolados de *Rhizoctonia*, *Ceratocystis*, *Cryphonectria*, *Phytophthora*, *Macrophomina*, *Sclerotium*, *Fusarium* e *Mirothecium*.

O herbicida utilizado em pré-emergência sulfentrazone apresenta ação sobre os isolados UFT 202, UFT 205, UFT 203 e UFT 201 a partir de 50% da dose comercial, com redução de 20, 10,96, 14,11 e 10,96%, respectivamente, no CMR em relação à dose zero, considerando essas sensibilidades moderada. Conforme ocorre aumento da concentração do produto o CMR apresenta uma redução na maior concentração de 200% para os isolado UFT 205, UFT 203 e UFT 201, de 6,17, 4,56 e 6,60%, respectivamente, em relação à dose de 50%. Por outro lado, o herbicida sulfentrazone, não afeta o CMR do isolado UFT 204, mesmo na presença do dobro da dose comercial (Sulfentrazone).

Reis et al. (2013), trabalhando com o herbicida oxadiazon, que possui o mesmo mecanismo de ação do sulfentrazone, inibidor da PROTOX, observou diferentes reduções de CMR em isolados *Trichoderma* spp., onde o isolado CE 66 não foi afetado pelo herbicida, o isolado TRI 02 apresentou sensibilidade moderada, com redução de 16% do CMR, e os isolados AJAM 118 e TRI 01 foram mais sensíveis, com reduções de 66 e 35%, respectivamente.

Para os fungos antagonistas, pouco se sabe da interação destes com os demais métodos de controle, principalmente o químico, devido ao potencial de impacto negativo das

moléculas disponíveis. Entre os poucos relatos, constata-se que o trifluralin não afeta o crescimento do antagonista *Trichoderma viride*, porém o paraquat retarda seu crescimento (GHANNOUM et al., 1989).

Na Tabela 2 está representado o número médio de esporos de isolados de *Trichoderma* após a aplicação de herbicidas de pré e pós-

emergência. A esporulação dos isolados de *Trichoderma* na presença de herbicidas apresenta-se menos afetada em relação à variável crescimento micelial radial. Observa-se que as esporulações dos isolados de *Trichoderma* não difere estatisticamente (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de esporos de isolados de *Trichoderma* spp. aos sete dias após a aplicação de herbicidas

Tratamentos	Dose %				
	0	50	100	150	200
Glifosato (Pós - emergência)					
UFT 204	17,8 a	13,2 a	12,7 a	14,8 a	13,7 a
UFT 202	10,7 a	8,7 a	8,3 a	8,0 a	12,1 a
UFT 205	16,1 a	12,5 a	13,6 a	16,2 a	17,5 a
UFT 203	16,1 a	8,7 a	9,3 a	9,8 a	11,4 a
UFT 201	16,2 a	14,6 a	11,8 a	11,8 a	12,4 a
Sulfentrazone (Pré-emergência)					
UFT 204	25,0 a	23,4 a	23,1 a	23,4 a	25,5 a
UFT 202	14,4 a	13,7 a	12,8 a	13,7 a	15,5 a
UFT 205	21,5 a	19,0 a	19,1 a	19,0 a	20,6 a
UFT 203	20,2 a	18,3 a	18,7 a	18,3 a	19,2 a
UFT 201	22,0 a	19,8 a	20,4 a	19,8 a	21,4 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A pesar de não apresentar diferença estatística, nota-se que o isolado UFT 203 apresenta uma redução na esporulação de 45,9%, na concentração de 50% da dose comercial, em comparação a dose zero. De acordo com Campbell e Altman (1977), frequentemente, baixas doses de herbicidas têm mostrado efeitos estimulatórios, porém eles podem apresentar efeitos inibitórios quando usados em altas doses.

O número médio de esporos para o herbicida Sulfentrazone, também não se difere estatisticamente, porém apresenta uma pequena redução no número de esporos. Em geral, o isolado que apresenta maior número de esporos é o UFT 204, e o menor é o isolado UFT 202, correspondente a características particulares de cada isolado (Tabela 2).

De acordo com Botelho e Monteiro (2011), ainda que os mecanismos de inibição de micro-organismos pelos herbicidas sejam ainda pouco conhecidos, foram constatados efeitos adversos de pesticidas aos organismos não alvos. Ressalta-se que é necessário que haja integração e averiguação da compatibilidade dos métodos de controle de doenças, pragas e plantas daninhas para que se possa realizar um manejo integrado eficiente e pouco impactante ao ambiente.

Conclusão

O herbicida glifosato não afetou o crescimento micelial radial dos isolados UFT 204 e UFT 202.

Os herbicidas não afetaram a redução do número de esporos dos isolados de *Trichoderma* spp., não interferindo na esporulação de forma significativa.

Referência Bibliografia

- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELLI, R. B. Effect of Glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. *Chemosphere*, v.52, p.799-804, 2003.
- ARAÚJO, F. F. DE; BRAGANTE, R. J.; BRAGANTE, C. E. Controle genético, químico e biológico de meloidoginose na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, n.2, p.220-224, 2012.
- BERNARDES, T. G.; SILVEIRA, P. M.; MESQUITA, M. A. C. Regulador de crescimento de *Trichoderma harzianum* aplicados em sementes de feijoeiro cultivado em sucessão a culturas de cobertura, *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.40, n.4, p.439-446, 2010.
- BETTIOL, W.; GHINI, R.; MARIANO, R. R. L.; MICHEREFF, S. J.; MATTOS, L. P. V.; ALVARADO, I. C. M.; PINTO, Z. V. Supressividade a

- fitopatogênicos habitantes do solo. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas.: Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna. Cap.12, p.187-208, 2009.
- BOMFIM, M. P.; SÃO JOSÉ, A. B.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALMEIDA, S. S. de; SOUZA, I. V. B.; DIAS, N. O. Avaliação antagônica in vitro e in vivo de *Trichoderma* spp., a *Rhizopus tolonifer* em maracujazeiro amarelo. Summa Phytopathologica, v.36, n.1, p.61-67, 2010.
- BOTELHO, A. A. A.; MONTEIRO, A. C. Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar. Bragantia, v.70, n.2, p.361-369, 2011.
- BRAÚNA, L. M. Controle biológico do mofo branco por isolados de *Trichoderma* nas culturas de soja e feijão comum. 82f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Brasília. Brasília, 2011.
- CAMPBELL C. L.; ALTMAN, J. Pesticide-plant disease interactions: Effect of cycloate on growth of *Rhizoctonia solani*. Phytopathology, v.67, n.4, p.557-560, 1976.
- CAPRONI, C. M.; FERREIRA, S.; GONÇALVES, E. D.; SOUZA, A. das G. Resposta às aplicações de *Trichoderma*, óleo de Nim e Vertimec no controle de nematoide na cultura do morango. Revista Agrogeoambiental, v.4, n.3, p.1-9, 2012.
- CARVALHO FILHO, M. R.; MELLO, S. C. M. de; SANTOS, R. P. dos; MENÊZES, J. E. Avaliação de isolados de *Trichoderma* na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 226. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2008.
- CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M. DE; JÚNIOR, M. L.; GERALDINE, A. M. Biocontrol of seed pathogens and growth promotion of common bean seedlings by *Trichoderma harzianum*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.8, p.822-828, 2011.
- CHAGAS JÚNIOR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; SANTOS, G. R.; REIS, A. F. B.; CHAGAS, L. F. B. Promoção de crescimento em feijão-caupí inoculado com rizóbio e *Trichoderma* spp., no Cerrado. Revista Caatinga, v.27, n.3, p.190-199, 2014.
- DELGADO, G. V.; MACEDO, M. A.; SANTOS, R. P.; MARTINS, I.; MELLO, S. C. M.; Inibição do crescimento de *Sclerotinia sclerotiorum* por *Trichoderma* spp., in vitro. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 214. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, 2007.
- DIANESE, A. C.; BLUM, L. E. B.; DUTRA, J. B.; LOPES, L. F. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. Ciência Rural, v.39, n.8, p.2309-2314, 2009.
- DONOSO, E.; LOBOS, G. A.; ROJAS, N. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* em viveiro. Bosque, v.29, n.1, p.52-57, 2008.
- FORTES, F. O.; SILVA, A. C. F.; ALMANÇA, M. A. K.; TEDESCO, S. B. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. Revista Árvore, v.31, p.221-228, 2007
- GORGEN, C. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V. A.; LOBO JUNIOR, M. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.12, p.1583-1590, 2009.
- GHANNOUM, M. A.; AFZAL, M.; HASAN, RAH.; DHAMI, MSI. Variation in growth and fatty acid contents of *Trichoderma viride* induced by herbicides. Journal of Environmental Sciences, Health, v.24, n.8, p.957-966, 1989.
- GRUYS, K. J.; SIKORSKI, A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine, and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. (Ed.). Plant amino acids. Applied Biochemistry and Biotechnology. New York, 1998, cap.13, p.357-365.
- HARMAN, G. E.; PETZOLDT, R.; COMIS, A.; CHEN, J. Interactions between *Trichoderma harzianum* Strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. Plant Physiology, v.94, n.2, p.146-153, 2004.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology, v.2, p.43-56, 2004.
- HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. Biological Control, v.51, n.3, p.409-416, 2009.
- JÚNIOR, J. V. C. Avaliação do impacto do herbicida glifosato na microbiota do solo e biodegradação por cepas de *Fusarium*. 102f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.
- LORITO, M.; WOO, S. L.; HARMAN, G. E.; MONTE, E. Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field. Annual Review of Phytopathology, v.48, p.395-417, 2010.

- LOUZADA, G. A. S.; CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; JÚNIOR, M. L.; MARTINS, I. E.; BRAÚNA, L. M. Potencial antagonístico de *Trichoderma* spp., originários de diferentes ecossistemas contra *Sclerotinia sclerotiorum* e *Fusarium solani*. *Biota Neotropica*, v.9, n.3, p.145-149, 2009.
- LUCON, C. M. M. *Trichoderma* no controle de doenças de plantas causadas por patógenos de solo. São Paulo: Instituto Biológico. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. (Comunicado Técnico, 77). 2008. 7p.
- LUCON, C. M. M. Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp. São Paulo: Instituto Biológico. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal. (Comunicado Técnico, 94) 2009. 8p.
- MACHADO, D. F. M.; TAVARES, A. P.; LOPES, S. J.; SILVA, A. C. F. *Trichoderma* spp. na emergência e crescimento de mudas de cambará (*Gochnatia polymorpha* Less.) Cabrera). *Revista Árvore*, v.39, n.1, p.167-176, 2015.
- MARTINEZ, C. O.; SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F. Caracterização de bactérias e fungos envolvidos na degradação de sulfentrazona em solos. In: Congresso Virtual Iberoamericano sobre Gestion de Calidad em Laboratorios, 4, 2007, Barcelona. Anais... Barcelona: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, 2007. 4p.
- MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupí recomendadas para o Estado de Roraima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.9, p.1177-1183, 2009.
- NANDIHALLI, U. B.; DUKE, S. O. The porphyrin pathway as a herbicide target site. In: DUKE, S. O.; MENN, J. J.; PLIMMER, J. R. (Ed.). *Pest control with enhanced environmental safety*. Washington: American Chemical Society, (American Chemical Society Symposium Series, 524) Cap.5, p.62-72, 1993.
- PEIXOTO, M. F. S. P.; BORGES, V. P.; BORGES, V. P.; PEIXOTO, C. P. Ação do trifluralin na micorrização e crescimento de plantas de amendoim (*Arachis hypogaea*). *Planta Daninha*, v.28, n.3, p.609-614, 2010.
- PERAZZOLLI, M.; DAGOSTIN, S.; FERRARI, A.; ELAD, Y.; PERTOT, I. Induction of systemic resistance against *Plasmopara viticola* in grapevine by *Trichoderma harzianum* T39 and benzothiadizole. *Biological Control*, v.47, p.228-234, 2008.
- POMELLA, A. W. V.; RIBEIRO, R. T. S. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas - uma visão empresarial. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). *Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas*. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, p.238-244. 2009.
- REIS, M. R.; LEÃO, E. U.; SANTOS, G. R.; SARMENTO-BRUM, R. B. C.; GONÇALVES, C. G.; CARDON, C. H.; SILVA, D. B. Impacto de Herbicidas em Isolados de *Trichoderma* spp. *Planta Daninha*, v.31, n.2, p.419-426, 2013.
- ROSA, D. D.; BASSETO, M. A.; CAVARIANI, C.; FURTADO, E. L. Efeito de herbicidas sobre agentes fitopatogênicos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.32, n.3, p.379-383, 2010.
- SILVA, J. B. T.; MELLO, S. C. M. Utilização de *Trichoderma* no controle de fungos fitopatogênicos. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007.
- SILVA, V. N. da; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp., em pepineiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.12, p.1609-1618, 2011.
- SILVA, D. V.; SILVEIRA, H. M.; FERREIRA, E. A.; CARVALHO, F. P.; CASTRO NETO, M. D.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T. Aspectos fisiológicos da mandioca após a aplicação dos herbicidas fluazifop-p-butil e fomesafen. *Revista Ceres*, v.61, n.2, p.178-183, 2014.
- STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Controle de doenças de plantas por extratos de origem vegetal. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, v.16, p.265-304, 2008.
- VERMA, M.; BRAR S. K.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. Y.; VALÉRO, J. R. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp., Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, v.37, n.1, p.1-20, 2007.
- VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; WOO S. L.; LORITO M. A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.72, n.1-3, p.80-86, 2008.
- VITERBO, A.; RAMOT, O.; CHERMIN, L. Y.; CHET, I. *Trichoderma* mitogen-activated protein kinase signaling is involved in induction of plant systemic resistance. *Applied and Environmental Microbiology*, v.71, n.10, p.6241-6246, 2005.
- WADLE, D. A.; PARKINSON, D. Influence of the herbicide glyphosate on soil microbial community structure. *Plantandsoil*, v.122, n.1, p.29-37, 1990.
- YEDIDIA, I.; SHORESH, M.; KEREM, Z.; BENHAMOU, N.; KAPULNIK, Y.; CHET I. Concomitant induction of systemic resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* in

cucumber by *Trichoderma asperellum* (T-203) and the accumulation of phytoalexins. *Applied and Environmental Microbiology*, v.97, n.12, p.567-576, 2002.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. *Journal of Environmental Quality*, v.33, p.825-831, 2004.

Capítulo 9

PRODUÇÃO DE ESPOROS E VIABILIDADE DE CONÍDIOS DE *Trichoderma* EM DOIS SUBSTRATOS

Aloísio Freitas Chagas Júnior¹
Manuella Costa Souza²
Flávia Luane Gomes³
Thyenny Gleys Castro⁴
Lillian França Borges Chagas⁵

¹Dr. Professor, UFT, Gurupi-TO, chagasjraf@mail.uft.edu.br

²Mestranda em Biotecnologia, UFT, Gurupi-TO, manuella8_gpi@hotmail.com

²Mestranda em Biotecnologia, UFT, Gurupi-TO, fluaneg@gmail.com

³Eng. de Bioprocessos e Biotecnologia, UFT, Gurupi-TO, thyennycastro@hotmail.com

⁴Dr^a. Professora, UFT, Gurupi-TO, lillianfbc@mail.uft.edu.br

Introdução

Fungos do gênero *Trichoderma* estão entre os microrganismos mais estudados no controle biológico de doenças, além disto, também apresentam atividade como promotores de crescimento vegetal (ALTMORE et al., 1999), pela capacidade em sintetizar fitohormônios como o ácido indol acético (AIA) e solubilizar fosfatos presentes no solo (MACHADO et al., 2012).

O gênero *Trichoderma* foi descrito pela primeira vez em 1974 pelo micólogo sul-africano Christian Persoon (MURGAS et al., 2017), este abrange um amplo número de espécies de caráter filamentosas, esverdeadas e odores característicos que são advindos de metabólitos voláteis, tais como a 6-pentyl- α -pyrone, um composto biologicamente ativo (BROTMAN et al., 2010).

Muitas linhagens de *Trichoderma* são classificadas na subdivisão Deuteromycotina, eles possuem a capacidade de produzir conídios e são fungos de vida livre, reprodução assexuada e comumente encontrados em solo de regiões com clima temperado e tropical (MACHADO et al., 2012) em concentrações que variam de 10^1 a 10^3 conídios cultiváveis por grama, além disto, o gênero *Trichoderma* apresenta uma vasta diversidade genética e são capazes de produzir compostos de interesse comercial e ecológico (HARMAN et al., 2004).

Fungos de reprodução assexuada tais como *Trichoderma* spp., são caracterizados pela formação de conídios a partir de células conidiógenas, por ação do calor e umidade os conídios germinam gerando hifas que se ramificam formando o micélio, o micélio é um sistema vegetativo responsável pela absorção de nutrientes pelo fungo. Após a germinação dos

conídios é necessário a disseminação destes por meio do ar, para isto ocorre uma diferenciação das hifas vegetativas formando os conidióforos. A partir dos conidióforos surgem os esporos, completando o ciclo de vida do fungo (MORAES et al., 2010).

Pelo exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a contagem de esporos e viabilidade de conídios de *Trichoderma* spp., de diferentes espécies utilizados o substrato arroz comum (*Oryza sativa*) e o de milheto (*Pennisetum glaucum*).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi.

*Obtenção das cepas e inoculação do *Trichoderma* em arroz e milheto*

Os isolados foram obtidos do banco de cepas do laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins.

Os 12 isolados foram replicados e reativados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar) por meio de discos de 5mm de diâmetro contendo esporos do fungo *Trichoderma*. Os isolados foram incubados à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas, por sete dias, período determinado para o crescimento das colônias de *Trichoderma* (DIANESE et al., 2012).

Após o crescimento das colônias, os isolados foram transferidos para sacos de polipropileno contendo 170 g de arroz e 80 mL de água destilada, e autoclavados à 121°C por 1

hora. Foram repicados cinco discos de 5mm de diâmetro de cada isolado, separadamente, contendo micélios e esporos de *Trichoderma* em meio BDA. Em seguida cada saco de arroz com cada isolado fora incubado em câmara de crescimento tipo B.O.D. com temperatura de 25

$\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas por sete dias. A cada três dias, os dois substratos foram revolvidos, para facilitar as trocas gasosas, a quebra dos agregados miceliais e o aumento da esporulação (Figura 1).

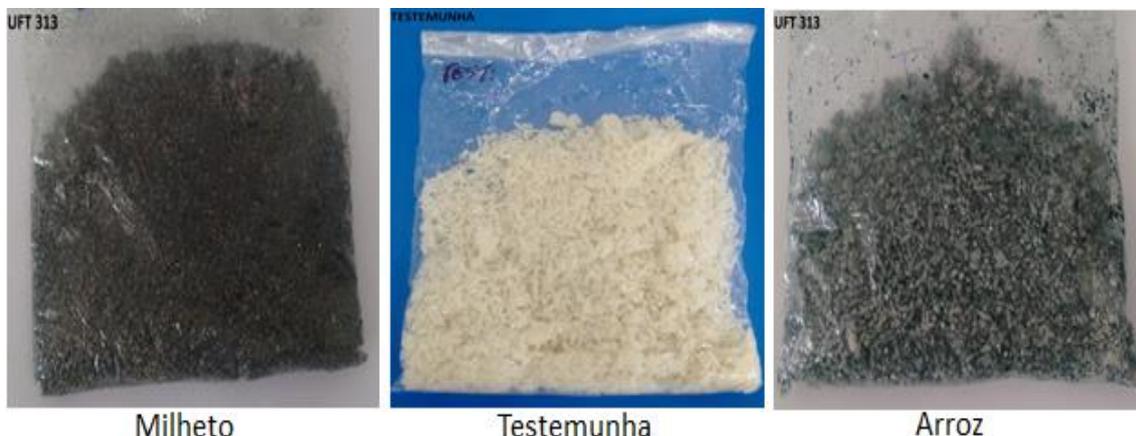


Figura 1. Produção de esporos *Trichoderma* spp. em milheto e arroz comum.

Contagem de esporos

Após os sete dias de incubação realizaram-se as avaliações, a partir de suspensões de esporos obtidas pela adição de 9mL de H₂O e 1 g do substrato colonizado em tubo e em seguida homogeneizado em vortex (Figura 2). De cada uma das suspensões, retirou-se uma alíquota para contagem dos esporos, com auxílio da câmara de Neubauer. A análise dos dados foi pela média das contagens de esporos de cada isolado de *Trichoderma*.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizados (DIC) com quatro repetições.



Figura 2. Tubos de ensaios contendo milheto e arroz para contagem de esporos.

Viabilidade de conídios

A viabilidade de conídios foi avaliada por meio das mesmas suspensões de esporos

obtidas anteriormente. Foi realizada diluição seriada das amostras até a concentração de 10^3 , em seguida, foi colocado 100 μL de cada suspensão em placas de Petri de 90x15mm contendo meio BDA. As placas foram incubadas por 10 horas em temperatura de 25°C na ausência de luz. Após este período, as mesmas foram analisadas em microscópio óptico para a contagem dos conídios germinados.

Teste de compatibilidade in vitro

Os testes foram realizados em meio de cultura BDA. Dois discos de 5mm de diâmetro de cada isolado foram colocados em lados opostos das placas de Petri a uma distância de 1 cm da borda da placa e 7 cm entre os isolados.

A manipulação do experimento foi executada em câmara de fluxo laminar. Em seguida as placas foram incubadas à temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas, por sete dias, período determinado para o crescimento das colônias de *Trichoderma* (DIANESE et al., 2012).

Após o crescimento das colônias foram feitas as avaliações das possíveis interações entre os 6 isolados de *Trichoderma* spp.

As interações foram realizadas por oposição direta entre culturas duplas de micélio, conforme descrito por Skidmore e Dickinson (1976), Stahl e Christensen (1992) e Molla et al. (2001). Os cinco modos de interações entre fungos filamentosos podem ser observados na Tabela 1 e Figura 3.

Tabela 1. Representação das interações entre os isolados de *Trichoderma*

	Interação	Definição
1	Entrelaçamento mútuo	Crescimento em que ambos os fungos crescem sem sinal macroscópico de interconexões
2	Entrelaçamento mútuo parcial	Crescimento onde o fungo cresce acima ou abaixo do outro sem qualquer zona de inibição
3	Invasão/substituição	Um micélio cresce sobre o outro e começa consumi-lo, podendo substituí-lo
4	Inibição (ponto de contato)	Os fungos aproximam-se um do outro até com uma linha de demarcação de 1 a 2 mm, entre as duas colônias claramente visíveis
5	Inibição (à distância)	Inibição a uma distância > 2 mm

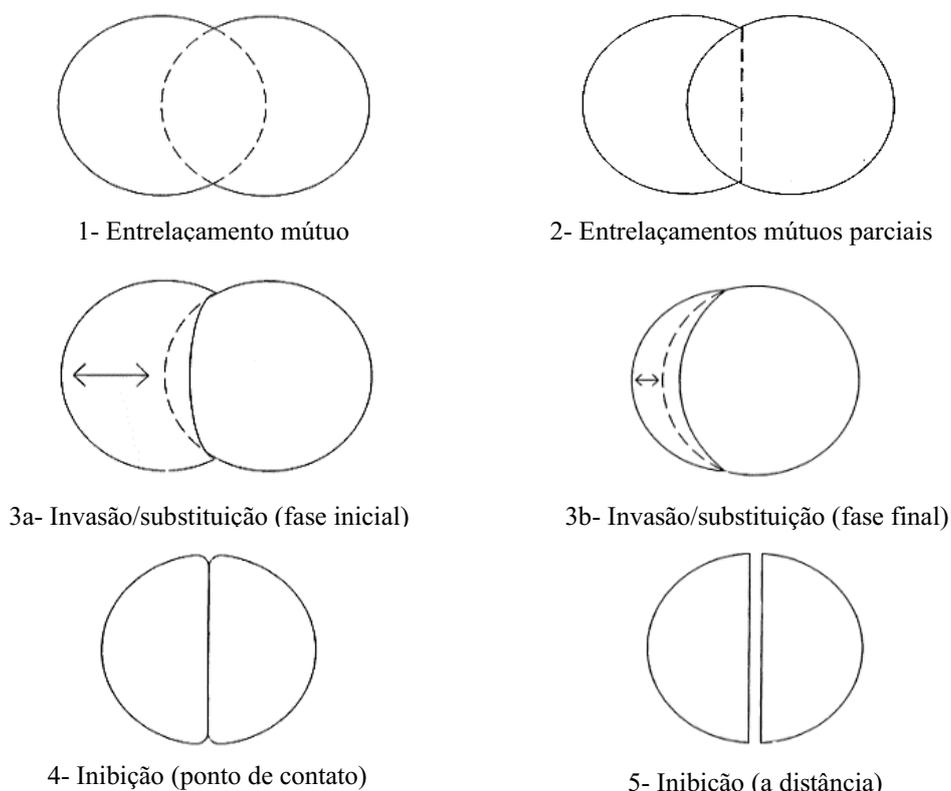


Figura 3. Diagrama esquemático das interações entre duas linhagens diferentes de fungos filamentosos crescidos em ágar batata dextrose (Modificado de STAHL & CRISTENSEN, 1992).

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de agrupamento de média Duncan a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta.

Resultados e Discussão

A análise dos dados da esporulação dos 12 isolados do fungo *Trichoderma* spp., em arroz e milho apresentam resultados significativos conforme apresentado na Tabela 2. Os isolados UFT 14, UFT 25, UFT 37, UFT 63, UFT 79 e UFT 313 apresentam a maior esporulação com médias variando de $1,4 \times 10^9$ a

$2,7 \times 10^9$ esporos g^{-1} , tendo como o substrato o arroz, já os isolados UFT 57, UFT 92, UFT 201, UFT 205, UFT 312 e UFT 314 apresentam menor número de esporos variando de $1,8 \times 10^7$ a $5,2 \times 10^7$ esporos g^{-1} .

No substrato milho, os isolados com maior esporulação são UFT 79, UFT 92, UFT 312 e UFT 313, com esporulação médias variando de $1,1 \times 10^8$ a $3,9 \times 10^9$ esporos g^{-1} e os isolados com menor número de esporos são UFT 14, UFT 25, UFT 37, UFT 57, UFT 63, UFT 201, UFT 205, UFT 314.

Tabela 2. Esporulação média dos isolados de *Trichoderma* spp. em substrato arroz e milho

Tratamentos	Esporulação de conídios	
	Arroz	Milho
UFT 25 (<i>T. harzianum</i>)	2,7x10 ⁹ a	9,4x10 ⁷ c
UFT 63 (<i>T. virens</i>)	2,6x10 ⁹ a	6,8x10 ⁷ c
UFT 313 (<i>Trichoderma</i> spp.)	2,5x10 ⁹ a	1,4x10 ⁹ a
UFT 14 (<i>T. harzianum</i>)	2,3x10 ⁹ a	6,7x10 ⁶ d
UFT 37 (<i>T. pinnatum</i>)	1,6x10 ⁹ a	6,7x10 ⁷ c
UFT 79 (<i>T. harzianum</i>)	1,4x10 ⁹ a	3,9x10 ⁹ a
UFT 92 (<i>T. virens</i>)	5,2x10 ⁷ b	1,1x10 ⁸ b
UFT 205 (<i>T. asperelloides</i>)	5,0x10 ⁷ b	4,7x10 ⁷ c
UFT 312 (<i>Trichoderma</i> spp.)	3,7x10 ⁷ b	1,1x10 ⁸ b
UFT 57 (<i>T. virens</i>)	2,5x10 ⁷ b	4,3x10 ⁷ c
UFT 201 (<i>T. asperelloides</i>)	2,0x10 ⁷ bc	7,0x10 ⁷ c
UFT 314 (<i>Trichoderma</i> spp.)	1,8x10 ⁷ bc	8,8x10 ⁷ c
C.V.	2,07	1,1

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Ambos os substratos se mostram eficientes para o crescimento dos isolados do fungo *Trichoderma*, embora os melhores resultados apresentados são em arroz.

Isso pode ser explicado devido à composição nutricional do arroz, pois se trata de um substrato rico em carbono, representado por aproximadamente 70% de amido, proteínas e todos os elementos como (Mg, Zn, Cu) que são essências para o crescimento e desenvolvimento do *Trichoderma* spp. (RAMOS et al., 2008).

Uma alta produção de esporos também foi observada por alguns autores nos substratos testados em seus experimentos, onde poderão constatar que tais substratos como raiz de mandioca triturada, torta de algodão, grãos de sorgo, serragem de madeira como farelo de trigo, apresentou uma produção eficiente de esporos (LARANJEIRA et al., 1996; KOIKE & LUCON, 2003).

Conforme Leite (2003), para obter uma excelente esporulação de conídios em larga escala, tem se utilizados cereais de baixo custo destacando-se o arroz. Alguns autores citam o arroz parboilizado como um eficiente substrato para obtenção de inóculo de *D. pulvinata* (MELO, 2006).

Entretanto, nos últimos anos, pesquisadores têm buscado diversos tipos de substratos que seja eficiente e de baixo custo para uma alta produção de fungos. O arroz ainda tem sido um dos substratos mais utilizados para o crescimento e esporulação de fungos agentes

de biocontrole de interesse biotecnológico (KOIKE, 2003; AREVALO, 2017).

Com relação à viabilidade dos conídios, os resultados demonstram que, para alguns isolados utilizando o arroz e milho, há diferença significativa na viabilidade dos conídios obtidos (Tabela 3). Ocorre alta esporulação e alta viabilidade entre os substratos, com porcentagens de 88 a 100% de germinação dos conídios g⁻¹ em arroz e 77 a 100% em milho. Porém, as maiores médias de porcentagem de conídios viáveis são encontradas para os isolados UFT 14, UFT 37, UFT 79, UFT 205 e UFT 313 para o arroz e UFT 25, UFT 79, UFT 201, UFT 205 e UFT 313 para milho.

Em uma avaliação realizada por Rajput et al. (2014), a utilização de arroz e milho garantiram bons resultados, alcançando 75,23x10⁸ ufc g⁻¹ para milho e 27,27x10⁸ ufc g⁻¹ para arroz. Silva et al. (2011), observou que a quantidade de conídios por grama de arroz colonizado oscilou de 1,4x10⁹ a 5,3x10⁹, com porcentagem de 46,9 a 89,9%, confirmando a viabilidade de se utilizar o arroz como substrato para produção de *Trichoderma* spp.

Utilizando diferentes fontes de substrato, Hasan (2015) constatou que a melhor foi o arroz, e observou a viabilidade dos conídios a partir da avaliação do comprimento dos tubos germinativos de *Trichoderma harzianum*, que apresentaram maiores valores em relação aos demais.

Tabela 3. Viabilidade de conídios de *Trichoderma*, em substrato arroz e milho

Tratamentos	Conídios viáveis (%)	
	Arroz	Milho
UFT 313 (<i>Trichoderma</i> spp.)	100 a	100 a
UFT 14 (<i>T. harzianum</i>)	100 a	90 d
UFT 37 (<i>T. pinnatum</i>)	100 a	94 b
UFT 79 (<i>T. harzianum</i>)	100 a	100 a
UFT 205 (<i>T. asperelloides</i>)	100 a	100 a
UFT 201 (<i>T. asperelloides</i>)	98 b	100 a
UFT 314 (<i>Trichoderma</i> spp.)	98 b	89 d
UFT 312 (<i>Trichoderma</i> spp.)	96 c	92 c
UFT 63 (<i>T. virens</i>)	96 c	78 f
UFT 25 (<i>T. harzianum</i>)	94 d	100 a
UFT 57 (<i>T. virens</i>)	89 e	81 e
UFT 92 (<i>T. virens</i>)	88 e	77 f
C.V	0,60	0,66

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a interação micelial, dos 12 isolados de *Trichoderma* comparados entre si, cada um apresenta uma nota de 1-5 o qual corresponde a diferentes interações (Tabela 4). Os resultados comprovam a possibilidade que ambos os microrganismos, sendo do mesmo

gênero, pode haver inibição do crescimento do outro. Os isolados de *Trichoderma* avaliados nesse estudo demonstram resultados significativamente diferentes quando comparados pelo teste de compatibilidade entre culturas duplas de micélio.

Tabela 4. Avaliação de interação entre diferentes isolados de *Trichoderma* em meio de cultura BDA

Tratamentos	Interação*
UFT 25 x UFT14	1
UFT25 x UFT313	1
UFT 63 x UFT37	1
UFT63 x UFT79	2
UFT25 x UFT63	3 a
UFT63 x UFT14	3 a
UFT313 x UFT37	3 a
UFT37 x UFT79	3 a
UFT63 x UFT313	3 b
UFT14 x UFT79	4
UFT14 x UFT37	4
UFT25 x UFT79	4
UFT25 x UFT37	4
UFT313 x UFT79	4
UFT313 x UFT14	4

*De acordo com Stahl e Cristensen (1992).

Os isolados UFT 25 x UFT 14, UFT 25 x UFT 313, UFT 63 x UFT 37 e UFT 63 x UFT 79 demonstram interação do tipo entrelaçamento mútuo. Este tipo de interação é neutra e nenhuma das espécies afeta a outra (BAPTISTA et al., 2011).

Os tratamentos UFT 25 x UFT 63, UFT 63 x UFT 14, UFT 313 x UFT 37, UFT 37 x UFT 79 e UFT 63 x UFT 313 apresentam interação do tipo Invasão/substituição, sendo esta caracterizada como uma interação negativa no qual há

prejuízo para ambos organismos, ou para um deles em benefício do outro (BAPTISTA et al., 2011).

Observa-se inibição nos tratamentos UFT 14 x UFT 79, UFT 14 x UFT 37, UFT 25 x UFT 79, UFT 25 x UFT 37, UFT 313 x UFT 79 e UFT 313 x UFT 14. Este tipo de interação é classificado como negativa, havendo o prejuízo para as espécies. O tipo de inibição apresentada pelos tratamentos é o mais comum observado em fungos, designada por inibição ponto de

contato ou inibição física. Este tipo de inibição ocorre após o contato micelial de duas espécies fúngicas, resultando em alterações morfológicas que têm como função aumentar a resistência à penetração do micélio do fungo invasor ou possibilitar o crescimento de um fungo sobre ou através do outro (BAPTISTA et al., 2011; DOWSON et al., 1988).

Conclusão

O arroz e o milho apresentaram-se como excelentes substratos para a esporulação e viabilidade de conídios do fungo do gênero *Trichoderma*.

Quanto ao teste de compatibilidade as melhores interações foram entre os isolados UFT 25 x UFT14, UFT 25 x UFT 313 e UFT 63 x UFT 37.

Referências

ARÉVALO, E.; CAYOTOPA, J.; OLIVERA, D.; GÁRATE, M.; TRIGOSO, E.; COSTA, B.; LEON, B. Optimización de sustratos para la producción de conidias de *Trichoderma harzianum* por fermentación sólida em La región de San Martín. Perú. Revista de Investigaciones Altoandinas, v.19, n.2, p.135-144, 2017.

BAPTISTA, P.; PEREIRA, E.; TAVARES, R.; LINO-NETO, T. A importância das interações entre fungos do solo em agroecologia. In: Workshop Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 2011, Bragança. Anais...Bragança, 2011. p.159-174.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Propriedades antagonistas de espécies grupos de *Trichoderma*, produção de antibióticos não-volátil. Transactions of the British Mycological Society, v.57, p.25-39, 1971.

DIANESE, A. de C.; BLUM, L. E. B.; MELLO, S. C. M. de. Uso de *Trichoderma* spp., para o manejo da podridão-do-pé-do-mamoeiro causada por *Phytophthora palmivora* Butler. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2012. 18p.

DOWSON, C. G.; RAYNER, A. D. M.; BODDY, L. The form and outcome of mycelial interactions involving cord-forming decomposer basidiomycetes in homogeneous sand heterogeneous environments. New Phytologist, v.109, p.423-432, 1988.

DRUZHININA, I. S.; KOPCHINSKIY A.; KUBICEK, C. P. The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data. Mycoscience, v.47, p.55-64, 2006.

HASAN, S. Optimal mass production technology for sporulation of *Verticillium lecanii* and

Trichoderma harzianum. Journal of Advances in Agriculture, v.4, n.1, p.296-302, 2015.

KOIKE C. M.; LUCON, C. M. M. Efeito de diferentes fatores na esporulação crescimento de isolados de *Trichoderma* spp. Arquivos do Instituto Biológico, v.70, supl.3, p.96-99, 2003.

LARANJEIRA, D.; OLIVEIRA, S. M. A. DE; MENEZES, M.; NEVES, R. P. Efeito de diferentes substratos na esporulação de espécies de *Trichoderma*. Summa Phytopatologica, v.22, p.178-181, 1996.

LEITE, L. G.; BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J. E. M.; ALVES, S. B. Produção de fungos entomopatogênicos. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2003. 92p.

MELO, D. F. Produção, armazenamento, estabilidade e eficiência de linhagens de *Dicymapulvinata* (Berk & M. A. Curtis) Arx [syn. *Hansfordia pulvinata* (Berk & Curtis)] no biocontrole para o mal-das-folhas da seringueira. 130f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

MELO, I. S. Potencialidades da utilização de *Trichoderma* spp., no controle biológico de doenças de plantas. In: BETIOL, W. (Org). Controle Biológico de doenças de plantas. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA. p.135-156, 1991.

MOLLA, A. H.; SHAMSUDDIN, Z. H.; HALIMI, M. S.; MORZIAH, M.; PUTEH, A. B. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and in laboratory systems. Soil Biology & Biochemistry, v.33, n.4, p.457-463, 2001.

RAJPUT, A. Q.; KHANZADA, M. A.; SHAHZAD, S. Effect of different organic substrates and carbon and nitrogen sources on growth and shelf life of *Trichoderma harzianum*. Journal of Agricultural Science and Technology, v.16, p.731-745, 2014.

RAMOS, E. Y. A.; NAVARRO, R. I. Z.; ZUMAQUÉ, L. E. O.; VIOLETH, J. L. B. Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. Revista Colombiana de Biotecnología, v.10, n.2, p.23-34, 2008.

SAMUELS, G. J. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology, v.96, p.195-206, 2006.

SILVA, V. N.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.12, p.1609-1618, 2011.

SKIDMORE, A. M.; DICKINSON, C. H.; PREECE, T. F. Interactions in relation to biological control of plant pathogens. In: (Eds.) Microbiology of aerial plant surfaces. New York. Academic Press. p.507-528, 1976.

STAHL, P. D.; CHRISTENSEN, M. In vitro mycelial interactions among members of a soil microfungus community. Soil Biology and Biochemistry, v.24, p.309-316, 1992.

Capítulo 10

CALIBRAÇÃO DE UM SISTEMA DE CHUVA SIMULADA POR DIÂMETRO DA GOTA PELO MÉTODO DA FARINHA E COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE

Silvania de Farias Lima¹
Igor Gledson de Oliveira Santos²
Tereza Neuma de Araújo de Carvalho³
Márcio Aurélio Lins dos Santos⁴
Cicero Gomes dos Santos⁵

¹Graduada em Zootecnia, UFAL, Arapiraca-AL, silvaniaadmzoo@gmail.com

²Eng. Agr., Mestrando, Agricultura e Ambiente, UFAL, Arapiraca-AL, igor.gledson@gmail.com

³Eng^a. Agr^a., UFAL, Arapiraca-AL, terezaufal@gmail.com

⁴Dr. Prof. Associado, UFAL, Arapiraca-AL, mal.santo@arapiraca.ufal.br

⁵Dr. Prof. Adjunto, UFAL, Arapiraca-AL, cgomes@arapiraca.ufal.br

Introdução

A erosão do solo é considerada como a principal e mais generalizada forma de degradação do solo, consiste na remoção ou destacamento da camada superficial do solo pela água, vento, reduzindo os níveis de matéria orgânica e de nutrientes, com conseqüente diminuição da sua produtividade (MARTINS & FERNANDES, 2017).

No Brasil, a erosão causada pela chuva é a mais importante e tem causado graves prejuízos, tanto em áreas agrícolas quanto nas rurais, afetando a vida e o ambiente de diferentes formas e intensidades (PEREIRA et al., 2006). A água da chuva exerce ação erosiva sobre o solo pelo impacto das gotas, que caem com velocidade e energia variáveis, dependendo do seu diâmetro, e pelo escoamento da enxurrada, a qual tem sua velocidade e volume variando segundo a declividade do terreno, tamanho de declive e capacidade de infiltração de água no solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância no estudo de processos erosivos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Ela é o agente responsável pela adição de energia cinética no processo erosivo, tanto pelo impacto direto das gotas sobre a superfície do solo, quanto pela sua capacidade de produzir e escoamento superficial (PRUSKI, 2009).

No estudo dos processos erosivos, torna-se imprescindível conhecer o regime pluvial e as características das chuvas que ocorrem numa região determinam, em grande parte os efeitos negativos do processo erosivo (OLIVEIRA et al., 2011). Dentre estas características podemos destacar a energia cinética, intensidade, velocidade e tamanho e distribuição dos

tamanhos médios das gotas de chuva (KATHIRAVELU et al., 2016).

As precipitações têm um papel relevante no estudo dos processos erosivos, porém esta importância não se reflete no volume de trabalhos publicados sobre as características das chuvas em perfil ou padrão de precipitação natural (variação da intensidade durante a sua ocorrência) para uma determinada região (OLIVEIRA et al., 2011).

A caracterização do padrão hidrológico das chuvas naturais para estudo de processos erosivos requer vários anos de medidas, devido sua natureza irregular (SILVA et al., 2015). Ainda de acordo com Silva et al. (2015), uma forma de obtenção das características das chuvas, em intervalos mais curtos e com maior controle, se faz uso de precipitações artificiais, produzidas por equipamentos, denominados simuladores de chuva.

Os simuladores de chuva, também denominados de infiltrômetro de aspersão, são bastante utilizados nos estudos envolvendo processos erosivos (MONTEBELLER et al., 2001). Os simuladores de chuva são ferramentas de pesquisa desenvolvidas para aplicar água de forma similar às chuvas naturais (SILVA et al., 2015). Os simuladores de chuva foram projetados e calibrados para produzir chuvas artificiais, que apresentem as características, entre elas gotas com diâmetro médios das chuvas e energia cinética e que promovam uma distribuição uniforme da precipitação sobre a parcela experimental em estudo (MEYER & HARMON, 1979). Para desempenhar sua função de produzir chuvas mais próximas das naturais, estes equipamentos precisam ser calibrados através das características do diâmetro médio das gotas

de chuva, distribuição uniforme e intensidade de chuva.

O objetivo desta pesquisa é calibrar o sistema de chuva simulada, através da determinação da uniformidade de distribuição, velocidade terminal e diâmetro de gota de chuva pelo método da farinha de trigo nas condições de laboratório.

Materiais e Métodos

Local de realização do experimento

Este estudo foi realizado no Laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, localizado no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas, entre as coordenadas geográficas 09° 48' 40,3" S e 36° 37' 19,7" W. O clima da região é classificado segundo Köppen (1948), como do tipo As' tropical com estações seca de verão, que vai de setembro a março, sendo o mês de dezembro, considerado o mais seco, e uma estação chuvosa que vai de abril a agosto, com uma precipitação pluvial média de 854mm (XAVIER & DORNELLAS, 2005).

Teste de chuva simulada

O simulador de chuva em estudo foi construído de acordo as especificações proposta por Meyer e Harmon (1979), equipado com um bico aspersor tipo Veejet 80-150 com diâmetro interno de 12,7mm, onde produz uma

distribuição de tamanhos de gotas e níveis de energia cinética próximas as das chuvas naturais, que é de 0,294 MJ ha⁻¹ mm⁻¹ e de 17,64 MJ ha⁻¹.

Determinação do diâmetro médio da gota

Na determinação do diâmetro da gota foi utilizado o método da farinha, descrito por Oliveira (1991), citado por Montebeller et al. (2002); Oliveira et al. (2013); Spohr et al. (2015); e Soares et al. (2018). Foram utilizadas 04 bandejas com farinha de trigo a uma altura de 2 cm, previamente peneiradas, submetidas de 3 a 4 segundos à chuva simulada, nos tempos de 5, 10, 15 e 20 minutos. As gotas, ao colidirem com a farinha formaram pequenos grânulos (Figura 1), esses foram secados ao ar por 24 h, separados, utilizando peneiras de 2,0; 1,0; 0,5 e 0,25mm, depois secos em estufa por 24 h (105°C) e, posteriormente, pesados em balança com precisão de 0,001g, obtendo-se a massa média dos grânulos. O diâmetro da gota foi determinado conforme Equação 1.

$$D = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\rho}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: D é diâmetro da gota em mm; m é a massa média da gota em mg; e ρ a massa específica da água, em mg/mm³.



Figura 1. Vista parcial dos grânulos de gotas de chuva, com diferentes diâmetros após passados em peneiras.

Determinação da velocidade terminal

A velocidade terminal é a máxima velocidade atingida pelas gotas precipitadas. A velocidade terminal do simulador em estudo foi calculada através da equação proposta por Stillmunkes e James (1982), conforme a Equação 2.

$$VT = \sqrt{\frac{9,81}{0,4671 d^{-0,9859}}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: VT é a velocidade terminal da gota em (m s⁻¹); e d é o diâmetro da gota em mm.

Cálculo do volume da gota

O volume de cada gota foi calculado de acordo com a Equação 3.

$$V = \frac{\pi D^3}{6} \text{ (Eq. 3)}$$

Onde: V é o volume da gota d'água em mm³; e D é o diâmetro da gota em mm.

Intensidade da precipitação

Para a determinação da intensidade de precipitação foram utilizados 25 copos coletores, distribuídos numa área de 0,6 m², com tempo de coleta de 3 minutos. A equação utilizada foi conforme Ribeiro (2006) (Equação 4).

$$I = \left[\frac{V/S}{t} \right] \cdot 60 \text{ (Eq. 4)}$$

Onde: I é a intensidade de precipitação em mm h⁻¹; V é o volume de água coletado em L; S é a área da seção de coleta; e t é o tempo de teste.

Uniformidade de distribuição

Para determinar o local onde a parcela de estudos deve ser posicionada e realizar a validação do simulador é necessário o conhecimento do coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942) (CONFESSOR & RODRIGUES, 2018). Para a determinação do coeficiente de uniformidade do simulador em estudo, foram utilizados 25 copos coletores, distribuídos numa área de 0,6 m², com tempo de coleta de 3 minutos. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi obtido através da Equação 5.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i - X|}{nX}}{n} \right) \text{ (Eq. 5)}$$

Onde: Xi é a lâmina precipitada em cada pote; X é a lâmina média precipitada; n é o número de potes.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen expressa o grau de variação existente entre os desvios absolutos, obtidos entre a diferença de cada valor observado de um

conjunto de medidas de lâmina de água ou vazão aplicada e a média desse conjunto (SILVA et al., 2002).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados das determinações dos diâmetros médios de gotas e velocidade terminal em funções dos intervalos de amostragens e do diâmetro das peneiras em teste de chuva simulada.

Os diâmetros de gotas (Tabela 1) em função dos intervalos de amostragem apresentam um comportamento muito semelhante, com pouca variação. Estes resultados ficam abaixo dos obtidos por Ribeiro et al. (2006), que obteve um valor de 2,45mm, avaliando um minissimulador de chuva em Lavras – MG.

As velocidades terminais das gotas de chuva nesta pesquisa não apresentam grande variação em função dos intervalos de tempo de amostragem, com valores 6,65 a 3,64 m.s⁻¹ (Tabela 1). Estes valores estão condizentes com os obtidos por Keller (1984), que afirmam que as velocidades terminais podem variar de 2 a 22 m.s⁻¹.

Silva et al. (2015), calibrando um sistema de simulador de chuva em função de três intervalos de amostragem, obteve resultados semelhantes, com valores que variaram de 2,38 a 2,54mm.

Na determinação do diâmetro médio de gotas de chuva, considera-se a gota como uma esfera perfeita (RIBEIRO et al., 2006). Este método vem sendo utilizado há mais de cem anos, inicialmente com eventos de chuva natural, a partir da década de 60, com chuva simulada, com a determinação média de gotas até um diâmetro mínimo de 0,3mm (CARVALHO et al., 2012).

Na Figura 2, observa-se a curva de velocidade terminar versus volume da gota de chuva, com características semelhantes as descritas por Meyer e Harmon (1979), com diferentes intervalos de amostragem.

Tabela 1. Médias dos diâmetros das gotas, velocidade terminal durante os intervalos de tempo de 5, 10, 15 e 20 minutos de precipitação da chuva simulada

Intervalo de tempo	Peneiras	Massa média dos grânulos	Diâmetro da gota	Volume da gota d'água	Velocidade terminal
min	mm	grama	mm	mm ³	m s ⁻¹
5	2,00	3,40	1,87	3,41	5,25
5	1,00	1,20	1,32	1,20	4,13
5	0,50	0,28	0,81	0,28	3,64
5	0,25	0,13	0,63	0,13	6,50
10	2,00	4,40	2,03	4,42	5,27
10	1,00	1,23	1,33	1,23	3,85
10	0,50	0,18	0,70	0,18	3,60
10	0,25	0,12	0,61	0,12	6,37
15	2,00	3,87	1,95	3,88	5,43
15	1,00	1,46	1,41	1,46	4,21
15	0,50	0,31	0,84	0,31	3,60
15	0,25	0,12	0,61	0,12	6,65
20	2,00	5,02	2,13	5,04	5,45
20	1,00	1,50	1,42	1,50	3,94
20	0,50	0,21	0,74	0,21	3,64
20	0,25	0,13	0,63	0,13	5,25

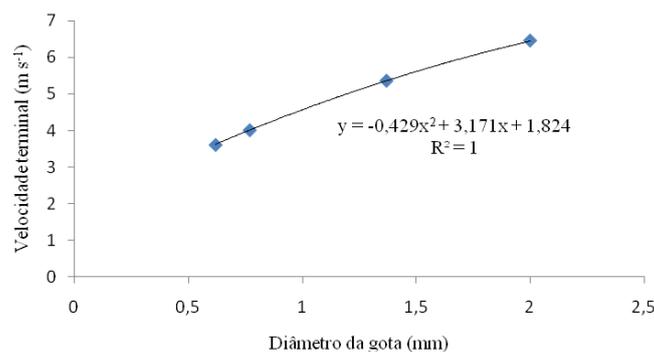


Figura 2. Velocidade terminal versus diâmetro de gota avaliada pelo método da farinha para o teste de chuva simulada.

Os valores de gota de chuva obtidos apresentam uma ampla variação, com uma velocidade terminal acima de 3mm e atinge uma velocidade de aproximadamente 6mm. Segundo Silva et al. (2015) no estudo do processo erosivo merece destaque a importância da avaliação do

volume médio que as gotas atingem em relação a sua velocidade terminal, pois terão uma relação direta com a força de impacto sobre o solo, contribuindo para uma maior ou menor taxa de desagregação.

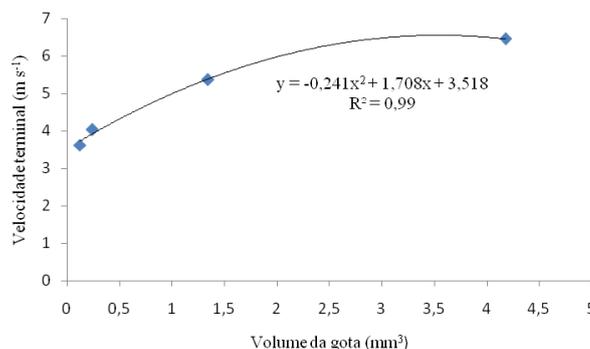


Figura 3. Velocidade terminal versus volume de gota avaliadas pelo método da farinha para o teste de chuva simulada.

O resultado da avaliação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) apresenta um percentual de 82% a um intervalo de 5 minutos de teste (Tabela 2) para um equipamento simulador de chuva, utilizando uma pressão de serviço 41 kpa e utilizando-se um bico 80-150.

Montebeller et al. (2001), avaliando as características hidráulicas, com diferentes intensidades de pressão e com bico diferentes, obteve na CUC de 80% em relação uniformidade, verifica-se que à medida que se aumenta a pressão de serviço do bico, existe um sensível aumento no coeficiente da uniformidade.

Tabela 2. Valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e valores de intensidade de precipitação obtidos com um equipamento de chuva simulada

Intervalo de tempo (min)	CUC (%)	Intensidade de precipitação (mm.h ⁻¹)
5	82,95	19,9
10	78,61	25,01
15	78,65	25,16
20	87,49	16,8

Conclusão

O método da farinha permitiu avaliar o funcionamento do simulador de chuva, através dos variáveis diâmetros médios das gotas de chuva simulada e velocidade terminal.

Referências

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: Editora Ícone, 1990. 335p.
 CARVALHO, M. de F.; TARQUI, J. L. Z.; SILVA, V. S.; LOBO, B. R. de H. Avaliação do Funcionamento de um Simulador de Chuva Pelo Método da Farinha. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.17, n.3, p.115-124, 2012.
 CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Método para calibração, validação e utilização de simuladores de chuvas aplicados a estudos hidrogeomorfológicos em parcelas de erosão. Rev. Bras. Geomorfol., v.19, n.1, p.221-229, 2018.
 KELLER, J. Sprinkler irrigation. Loga, Utah State University, 1984, 621p.
 MARTINS, C.; FERNANDES, R. Processos de degradação do solo – medidas de prevenção. Dossiê Técnico Vida Rural. 2017. p.34-36. Disponível em: <https://www.vidarural.pt/wp-content/uploads/sites/5/2017/07/aqui-1.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2018.
 MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Multiple intensity rainfall Simulator for erosion research on row sideslopes. Transactions of the ASAE, v.22, n.1, p.100-103, 1979.
 MONTEBELLER, C. A.; CARVALHO, D. F.; ALVES SOBRINHO, T.; NUNES, A. C. S.; RUBIO, E. Avaliação hidráulica de um simulador de chuvas pendular. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., v.5, n.1, p.1-5, 2001.
 OLIVEIRA, D. B. B.; OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO, T.; PANACHUKI, E.; MENDIONDO, E.

M. Simulador de chuvas portátil aplicado a classificação do grupo hidrológico do solo do método CN. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19, 2011, Maceió. Anais...Maceió, 2011.
 OLIVEIRA, F. C.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTEIRO, A. L. N.; SILVA, D. D. Avaliação de um simulador de chuva de intensidade variável. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 13, 2013, Recife. Anais... Recife-PE: UFRPE, 2013, 56p.
 PRUSKI, F. F. Conservação do solo e da água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica, Viçosa: UFV, 2009. 240p.
 PEREIRA, G. M.; LIMA, L. A.; MUNIZ, J. A. Impacto da irrigação por aspersão sobre a queda de flores do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre o salpico do solo. In: Congresso Latinoamericano de Ingenieria Agrícola, 2, 1996, Bauru. Anais... Bauru: SBEA, 1996, p.161.
 RIBEIRO, B. T. Energia cinética de gotas de chuva simulada e energia ultra-sônica na desagregação de um Cambissolo. 67f. Dissertação. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2006.
 SILVA, J. J.; BEZERRA, S. A.; RIBEIRO, P. R.; BARROS, A. P. S. M.; SILVA, E. L.; PEREIRA, R. A. Determinação das médias dos diâmetros das gotas de um simulador de chuvas para servir de ferramenta para pesquisas científicas relacionadas à erosão hídrica utilizado o método da farinha de trigo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35, 2015, Natal. Anais...Natal-RN: SBCS, 2015, p.165.
 SOARES, D. L.; POLIVANOV, H.; BARROSO, E. V.; MOTTA, L. M. G.; SOUZA, C. C. Erodibilidade de solos em taludes de corte de estrada não pavimentada. Anuário do Instituto de Geociências, v.41, n.1, p.179-193, 2018.

SPOHR, R. B.; CORCINI, A. L. M.; PELLEGRIN, J.; BONFANTI, J. B.; SOTO, M. F. D.; CARDOSO, T. Desenvolvimento e validação de um simulador de chuvas portátil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.20, n.2, p.411-417, 2015.
STILLMUNKES, R. T.; JAMES, L. G. Impact energy of water droplets from irrigation sprinklers.

Transction of the ASAE, v.25, n.1, p.130-133, 1982.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas. Revista Geografia, v.14, n.2, p.49-64, 2005.

Capítulo 11

ALELOPATIA DAS PARTES AÉREAS DE PLANTAS DE JURUBEBA SOBRE A GERMINAÇÃO DE PLÂNTULAS DE SOJA

Carla Topázio Gomes das Chagas¹

Thaise Oliveira Dantas²

Juliana Soares Barbosa³

Vanessa Souza Pamplona⁴

Bárbara Rodrigues de Quadros⁵

^{1,2,3} Engenheiras Agrônomas, Paragominas/Pará, carlatoppazio@gmail.com; thaisedantas13@gmail.com; julianab.agronomia@gmail.com

⁴ Prof. Adjunto, UFRA/Campus Paragominas, vanessamayara2@gmail.com

⁵ Prof. Adjunto, UFRA/Campus Paragominas, barbara.quadros@ufra.edu.br

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa de porte herbáceo, de ciclo anual (SANTOS et al., 1995), e grãos caracterizados por elevado conteúdo de aminoácidos e lipídeos, e é considerada atualmente o principal grão oleaginoso em produção no mundo. Sua importância econômica é devida à utilização dos grãos para fabricação de óleo vegetal, rações animais, indústria farmacêutica e recentemente na produção de biodiesel. Sendo assim, seu cultivo, a nível mundial, deve continuar se expandindo anualmente (MENEGATTI, 2006; EMBRAPA, 2007a).

Muitos dos relatos de efeitos de plantas daninhas sobre as culturas têm sido classificados como competição. Entretanto, as evidências não foram, em geral, suficientes para indicar se os efeitos foram de competição, alelopatia ou ambos (RICE, 1974). O que diferencia a alelopatia da competição entre plantas é o fato de a competição reduzir ou remover do ambiente um fator de crescimento necessário a ambas às plantas (luz, água, nutrientes, etc.), enquanto a alelopatia ocorre pela adição de um fator ao meio. Na prática, não é fácil distinguir se o efeito nocivo de uma planta sobre a outra cabe à alelopatia ou à competição (FUERST & PUTNAN, 1983).

As substâncias alelopáticas liberadas por uma determinada planta podem afetar o crescimento, prejudicar o desenvolvimento normal e até mesmo inibir a germinação das sementes de outras espécies vegetais (REZENDE et al., 2003). Em contrapartida, essas substâncias podem desempenhar a função de proteção, prevenção na decomposição das sementes, redução da dormência, produção de gemas, além de influenciar nas relações com as

demais plantas, microrganismos e insetos (PICCOLO et al., 2007).

Um dos diversos efeitos dos aleloquímicos nas plantas é o controle da produção e acumulação de espécies reativas de oxigênio (EROs), que se acumula nas células em respostas ao aleloquímico, sendo desta forma responsáveis por danificar as células causando a sua morte (TESTA, 1995).

A plantas de jurubeba (*Solanum paniculatum* L., Solanaceae) faz parte de uma lista de 83 espécies vegetais, com derivados registrados no Ministério da Saúde, como fitoterápico associado (CARVALHO et al., 2008). A planta é rústica, sendo resistente à seca, não possui exigência quanto à fertilidade adaptando-se a diferentes tipos de solo. Seus frutos são importantes na economia, pois são comercializados em indústrias de bebidas, sendo essenciais na produção do vinho da jurubeba (SANTOS, 2013).

Estudos recentes apontam a jurubeba como uma espécie com potencial para o controle de fitopatógenos. Há relatos que na Amazônia, em pequenas culturas, a enxertia de tomateiro em jurubeba é uma prática utilizada para o controle de murcha-bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* (SANTOS & GOTO, 2004).

Diante disso o presente trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito alelopático das partes aéreas da planta de jurubeba na germinação e crescimento inicial de plântulas da soja.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório multifuncional da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Paragominas, com

sementes de soja, cultivar ANsc89109 da Agronorte Pesquisas e Sementes LTDA.

Realizou-se a coleta da jurubeba (Figura 1) na área da Cooperativa Agroindustrial Paragominense (COOPERNORTE). As plantas foram selecionadas (Figura 2), eliminando-se as folhas com aspecto doente, amarelado e necrosado. Utilizou-se as partes aéreas das plantas (folhas + caule) para a preparação do extrato vegetal. Para a obtenção do extrato aquoso, foi utilizada 400g da parte aérea fresca sendo cortadas (Figura 3) para melhor extração. A mistura foi armazenada por 8 dias na geladeira, sendo, após esse período filtrada (Figura 4) em funil de büchner, por 2 vezes, usando-se papel filtro.



Figura 23. Coleta de jurubeba.



Figura 24. Seleção de folhas e caules para formulação do extrato da jurubeba.



Figura 25. Parte aérea fresca sendo cortada.



Figura 26. Extrato da Jurubeba sendo filtrado.

Os tratamentos constaram de soluções aquosas de extratos vegetais de jurubeba, diluídos em diferentes concentrações: 0 (controle), 25, 50, 75 e 100% (Figura 5), em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições de 50 sementes cada. Com o tratamento controle, foi utilizada apenas água destilada.

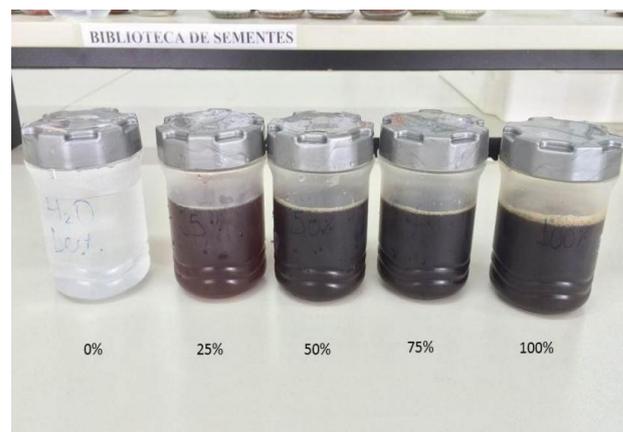


Figura 27. Extratos aquosos de Jurubeba em diferentes concentrações.

Para o teste de germinação as sementes foram distribuídas sobre 2 folhas de papel tipo germiteste (Figura 6), cobertas com uma terceira folha de papel e organizadas em forma de rolo. O papel germiteste foi umedecido na proporção de 3,0 vezes o peso do papel não hidratado com as soluções aquosas dos extratos vegetais diluídos nas diferentes concentrações sem adição posterior da solução. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes, de 0,04 mm de espessura (Figura 7), com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação.

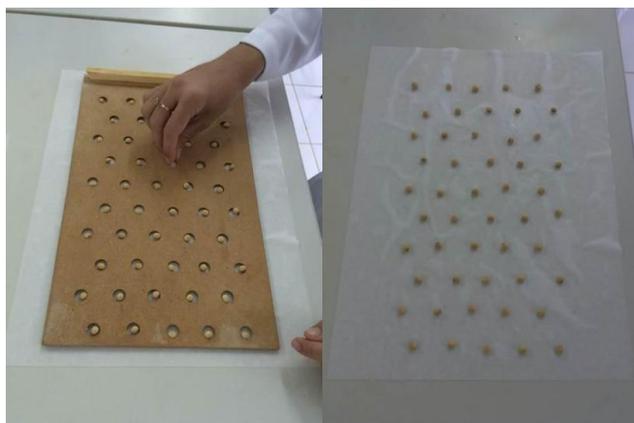


Figura 28. Distribuição das sementes de soja em folhas de papel germiteste.



Figura 29. Rolos de papel germiteste em sacos plásticos.

O teste de germinação teve duração de 8 dias e foi realizado em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand (B.O.D.) regulado para o regime de temperatura constante de 25°C, baseado nas recomendações da regra para análise de sementes (BRASIL, 2009). O fotoperíodo foi de 12 horas utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia.

Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram extensão radicular igual ou maior a 2mm. (REHMAN et al., 1996). As avaliações foram realizadas no quinto dia e no oitavo dia, sempre no mesmo horário.

A primeira contagem (cinco dias após a semeadura) das sementes, conforme BRASIL (2009) foi considerado como teste de vigor, em que, as amostras que germinam mais rapidamente, com maior porcentagem de plântulas normais nessa data são consideradas como mais vigorosas (VIEIRA & CARVALHO, 1994).

A obtenção do índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizada durante o teste de germinação através da somatória do número

de sementes germinadas, dividida pelo número de dias em que se realizou as contagens da germinação conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

Após a contagem final do teste de germinação, foram retiradas aleatoriamente 10 amostras de plântulas normais de cada tratamento e repetição para medições de comprimento do hipocótilo e da raiz principal, com auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em cm/plântula.

Utilizando as mesmas amostras de dez plântulas, também foi quantificada a massa fresca e a massa seca de plântulas. Para a massa fresca, foi feita a pesagem das partes aéreas normais com balança analítica de 0,001 g de precisão. Para a realização da massa seca, as amostras da massa fresca foram acondicionadas em embalagens adequadas, identificadas e levadas à estufa de ventilação forçada, regulada a 80°C por 24 h, após, estas foram pesadas até a estabilidade do peso feita a média por repetição para ambas as variáveis (NAKAGAWA, 1999).

A análise para avaliação do estresse oxidativo, foram realizadas utilizando as plântulas obtidas após a contagem final do teste de germinação.

O extravasamento de eletrólitos, foi mensurado pelo método descrito por Gong et al. (1998), utilizando 200 mg de folhas frescas da soja cortados em pedaços (Figura 8) de 1 cm de comprimento e acondicionadas em recipientes contendo 8 ml de água destilada deionizada (Figura 9). Os recipientes foram incubados em banho de água a 40°C durante 30 minutos (Figura 10) e foi medida a condutividade elétrica (Figura 11) inicial do meio (EC₁). As amostras foram fervidas a 95°C durante 20 minutos para libertar todos os eletrólitos, após esfriar foi medida a condutividade elétrica final (EC₂). A porcentagem de extravasamento de eletrólitos foi calculada usando a Equação 1.

$$EL (\%) = EC_1 / EC_2 \times 100 \text{ (Eq.1)}$$



Figura 30. Plantas frescas cortadas em pedaços.

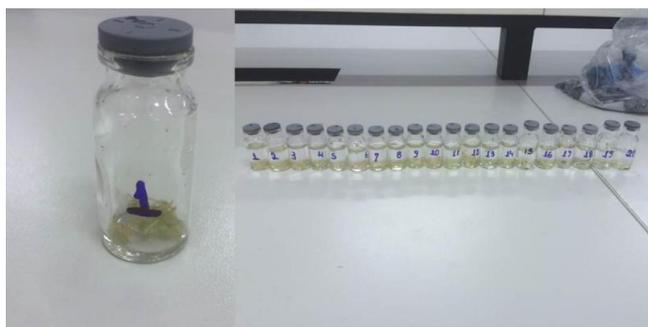


Figura 31. Recipientes contendo 8 ml de água destilada deionizada.



Figura 32. Os recipientes foram incubados em banho de água a 40°C durante 30 minutos.



Figura 33. Condutividade elétrica.

A extração dos compostos antioxidantes MDA, e H_2O_2 foram feitas pelo método descrito

por Wu et al. (2006), realizada com 500 mg de matéria fresca (congelada) e macerada em nitrogênio líquido (Figura 12), sendo homogeneizada em 5 mL de mix de extração (ácido tricloroacético a 5% (w/v)), no qual todos os procedimentos foram realizados no intervalo de temperatura de 2-4°C. Em seguida coletou 1500 a 1800 μ L de extrato e colocou em microtubo de 2000 μ L. As amostras foram centrifugadas a 15.000 g durante 15 minutos a 3°C, sendo coletado 1000 μ L de sobrenadante para determinação.



Figura 34. 500 mg de matéria fresca (congelada) e macerada em nitrogênio líquido.

Para determinar MDA foram misturados 500 μ L sobrenadante e 1000 μ L do mix de reação contendo ácido tiobarbitúrico a 0,5% (w/v) e ácido tricloroacético a 20%. Esta mistura foi incubada em água fervente, a 95°C por 20 min, e a reação foi parada colocando os recipientes de reação num banho de gelo. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10.000 g durante 10 minutos, e as amostras foram lidas a 532 nm. O valor para a absorção não-específica a 600 nm foi subtraída. A quantidade do complexo MDA-TBA (pigmento vermelho) foi calculado a partir do coeficiente de extinção 155 $mM^{-1} cm^{-1}$, tal como relatado por Cakmak e Horst (1991).

Para mensurar H_2O_2 , 200 μ L de sobrenadante e 1800 μ L de mix de reação (2.5 mM de fosfato de potássio [pH 7,0] e 500 mM de iodeto de potássio) foram misturados, e a absorbância foi medida a 390 nm (VELIKOVA et al., 2000).

Para a extração de O_2^- foram homogeneizados 500mg de material vegetal fresco em 5 ml de mix de extração, o qual consiste em 50mM de fosfato de potássio [pH 7,6], 1 mM de ácido ascórbico, e 1mM de EDTA. Em seguida coletou 1500 a 1800 μ L de extrato e em microtubos de 2000 μ L foram centrifugados

a 14.000 g durante 4 minutos a 3°C, sendo coletado o sobrenadante para determinação. Para determinação de O₂⁻, 1 mL de extrato foi incubado com 30 mM de fosfato de potássio [pH 7,6] e 0,51 mM de cloridrato de hidroxilamina durante 20 min a 25°C. Em seguida, 17 mM de sulfanilamida e 7 mM de α-naftilamina foram adicionados à mistura de incubação e deixado em repouso por 20 min a 25°C. Após a reação, foi adicionado éter etílico no volume idêntico e centrifugado a 3000 rpm durante 5 min. A absorbância foi medida a 530 nm (ELSTNER & HEUPEL, 1976).

As diversas características estudadas foram analisadas seguindo o delineamento inteiramente casualizado (DIC), possibilitando a partir da análise de variância (Anova) da regressão polinomial, investigar a influência das diferentes concentrações do extrato das partes aéreas da planta de jurubeba em cada variável-resposta.

Para que o modelo de análise de variância da regressão polinomial fosse considerado válido, foram verificadas as pressuposições de homogeneidade de variâncias por meio do teste de Levene, normalidade dos resíduos com base no teste de Shapiro-Wilk e independência por meio da análise gráfica, com o auxílio dos programas IBM SPSS e AgroEstat, sendo que, a análise de variância da regressão foi realizada somente com o auxílio do último. Em todos os testes foi utilizado o nível de significância igual a 5%.

Resultados e Discussão

Estresse oxidativo

Os resultados da análise de variância da regressão (Tabela 1) mostra-se que não ocorre tendência significativa apenas para o peróxido de lipídio.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das variáveis em estudo, com partição dos efeitos em regressões polinomiais

Causa de variação	GL	Eletrólitos (%)	O ₂ ⁻	H ₂ O ₂	MDA
Concentrações	4	114,99**	7,68**	658,30**	1,60 ^{NS}
Resíduos	15	-	-	-	-
Regressão Linear	1	430,79**	26,44**	2524,62**	3,50 ^{NS}
Regressão Quadrática	1	10,98**	0,96 ^{NS}	47,00**	1,93 ^{NS}
Regressão Cúbica	1	2,73 ^{NS}	1,62 ^{NS}	1,98 ^{NS}	0,84 ^{NS}
Regressão Quártica	1	15,45**	1,72 ^{NS}	59,59**	0,13 ^{NS}

** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = Não significativo a 5% de probabilidade.

Conforme a Figura 1A, observa-se que com o aumento da concentração, os eletrólitos aumentam segundo a regressão quadrática,

destacando-se que na concentração mínima (0%) o mínimo de eletrólitos é de 31,26%.

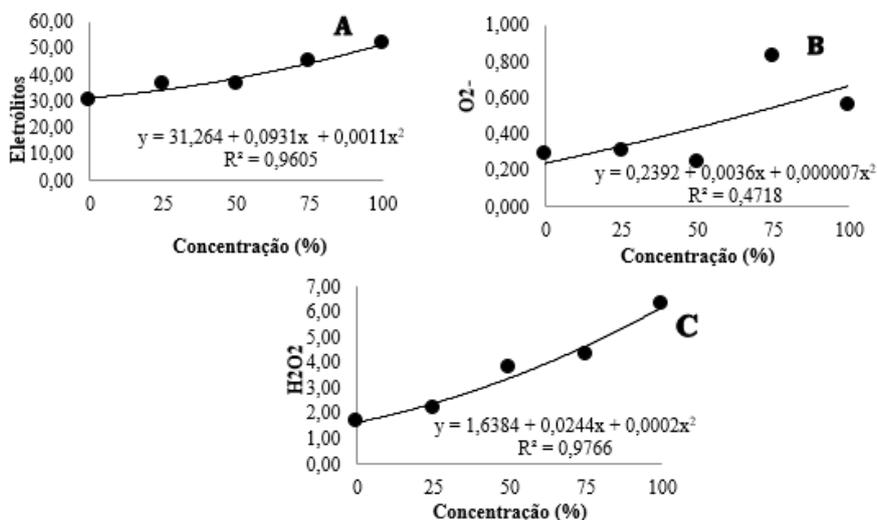


Figura 1. Médias observadas e funções ajustadas para as variáveis em estudo, em função de diferentes concentrações de extratos aquosos de jurubeba.

O processo de liberação acentuada de eletrólitos é explicado pela danificação ao sistema de membranas celulares da semente, e corrobora ao acúmulo de peróxido de hidrogênio e à elevação da peroxidação lipídica em plântulas de *Lactuca sativa*, frente ao estresse promovido pelo aumento da concentração do extrato (AUMONDE et al., 2013).

Bogateck et al. (2006) e Oracz et al. (2007) verificaram que, plântulas de *Sinapis alba* provenientes de sementes submetidas ao extrato de *Helianthus annuus* na concentração de 10%, apresentaram aumento acentuado de liberação de eletrólitos, demonstrando que pode ter ocorrido perda da integridade das membranas, pela ação alelopática do *Helianthus annuus*, produzindo formas reativas de oxigênio, causando com isso a peroxidação dos lipídios.

Resultados diferentes foram apresentados por Morais (2012) ao trabalhar com *Brassica rapa* subsp. *rapa*, *Lactuca sativa* e *Ipomoea grandifolia*, onde observou que o extrato com menor concentração (5%), foi o que causou maior extravasamento de eletrólitos, isto pode não estar associado à questão alelopática, e sim em relação à maior disponibilidade hídrica da solução nesta concentração. Pois em soluções menos concentradas, a água fica mais disponível as células, proporcionando desta forma maior velocidade de entrada da água, podendo ocorrer rupturas das membranas celulares e consequentemente maior lixiviação das substâncias.

O superóxido apresenta um comportamento linear, aumentando em 51,1% seus valores indicadores de estresse nas plântulas, com a aplicação de 100% do extrato se comparado com o controle (Figura 1B).

Ao submeterem plântulas de *Cucumis sativus* a diferentes concentrações e extratos desta mesma espécie, Yu et al. (2003) obtiveram aumento da atividade enzima superóxido-dismutase e da peroxidação lipídica, enquanto Singh et al. (2009) observaram elevação na atividade das enzimas catalase e superóxido dismutase, ao expor plântulas de milho ao

extrato aquoso da espécie *Nicotiana glumbaginifolia*.

A elevação da atividade antioxidante da enzima superóxido-dismutase ocorreu em resposta ao estresse imposto pelo extrato aos tecidos das plântulas, provavelmente devido à elevação da quantidade de radicais superóxido (O_2^-) e visando promover a dismutação deste radical a peróxido de hidrogênio (SINHA & SAXENA, 2006).

A peroxidação de hidrogênio apresenta um comportamento polinomial quadrático, aumentando em 26,6% seus valores indicadores de estresse nas plântulas, com a aplicação de 100% do extrato se comparado com o controle (Figura 1C).

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) não é um radical livre, mas um metabólito do oxigênio extremamente deletério porque participa como intermediário na reação que produz o radical $OH\cdot$. É gerado a partir da dismutação enzimática do O_2^- pela superóxido dismutase, tem vida longa e é capaz de atravessar membranas biológicas (FERREIRA & MATSUBARA, 1997; NORDBERG & ARNÉR, 2001).

O extrato aquoso da parte aérea da jurubeba, agiu como um agente causal de estresse oxidativo nas plântulas de soja. Quando sob estresse ambiental, o equilíbrio entre a produção de ROS e a atividade antioxidante é rompido a favor dos compostos oxidantes, ocorrendo danos oxidativos nas estruturas celulares (KIM & KWAK, 2010).

Qualidade fisiológica de sementes e plântulas

Os dados submetidos à análise de variância para estudo da regressão polinomial e se encontram apresentados na Tabela 2. A análise dos resultados mostra que não ocorre tendência significativa no índice de velocidade de germinação e na massa seca, indicando que não há diferença significativa entre os tratamentos com o aumento da concentração de extratos aquosos de jurubeba. Enquanto que nas demais variáveis estudadas ocorre um decréscimo linear com o aumento da concentração (Figuras 2A, B, C, D, E e F).

Tabela 2. Análise de variância com partição dos efeitos em regressões polinomiais

Causa de variação	GL	G (%)	PC (%)	IVG	CPA (cm)	CR (cm)	CT (cm)	MF (g)	MS (g)
Concentrações	4	1,89 ^{NS}	2,45 ^{NS}	1,26 ^{NS}	20,01 ^{**}	24,44 ^{**}	29,62 ^{**}	10,60 ^{**}	2,19 ^{NS}
Resíduos	15	-	-	-	-	-	-	-	-
R. Linear	1	5,36 [*]	6,64 [*]	3,24 ^{NS}	53,01 ^{**}	56,45 ^{**}	70,84 ^{**}	8,61 [*]	4,41 ^{NS}
R. Quadrática	1	2,06 ^{NS}	3,09 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,00 ^{NS}	3,58 ^{NS}	2,30 ^{NS}
R. Cúbica	1	0,15 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,94 ^{NS}	4,35 ^{NS}	4,99 [*]	6,15 [*]	9,88 ^{**}	0,23 ^{NS}
R. de 4º Grau	1	0,01 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,87 ^{NS}	22,60 ^{**}	36,31 ^{**}	41,47 ^{**}	20,34 ^{**}	1,82 ^{NS}

** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ^{NS} = Não significativo a 5 % de probabilidade.

A porcentagem de germinação das sementes de *Glycine max* apresenta redução de 6,73% com a aplicação de 100% do extrato se comparado com o tratamento controle (0%) (Figura 2A).

Corsato et al. (2010) trabalhando com *Zea mays* e *Glycine max*, e Kupidlowska et al. (2006) trabalhando com *Sinapis alba* L., também observaram inibição na porcentagem da germinação quando estas sementes foram submetidas ao extrato aquoso da parte aérea de plantas de *Helianthus annuus*, evidenciando o efeito alelopático de suas folhas.

França et al. (2008) verificaram em seus estudos que, diferentes extratos de folhas de *Azadirachta indica* exerceram efeitos negativos na porcentagem de germinação de sementes de *Bidens alba*.

O mesmo ocorreu com Machado (2008), onde verificou interferência de extrato aquoso de *Melia azedarach* em todos os parâmetros estudados de *Bidens alba* sendo que, para a porcentagem de germinação no extrato de *Melia azedarach* a 40%, reduziu a germinação à apenas 6%.

Periotto et al. (2004) verificaram que, extratos de caules e de folhas de *Andira humilis* na concentração 16% (p/v), produziram efeitos inibitórios significativos na porcentagem de germinação de sementes de alfaca. Esses resultados são semelhantes ao presente estudo em relação à diminuição dos valores da germinação em razão do aumento das concentrações do extrato aquoso, ou seja, as porcentagens de germinação diminuem à medida que as concentrações do extrato aumentam.

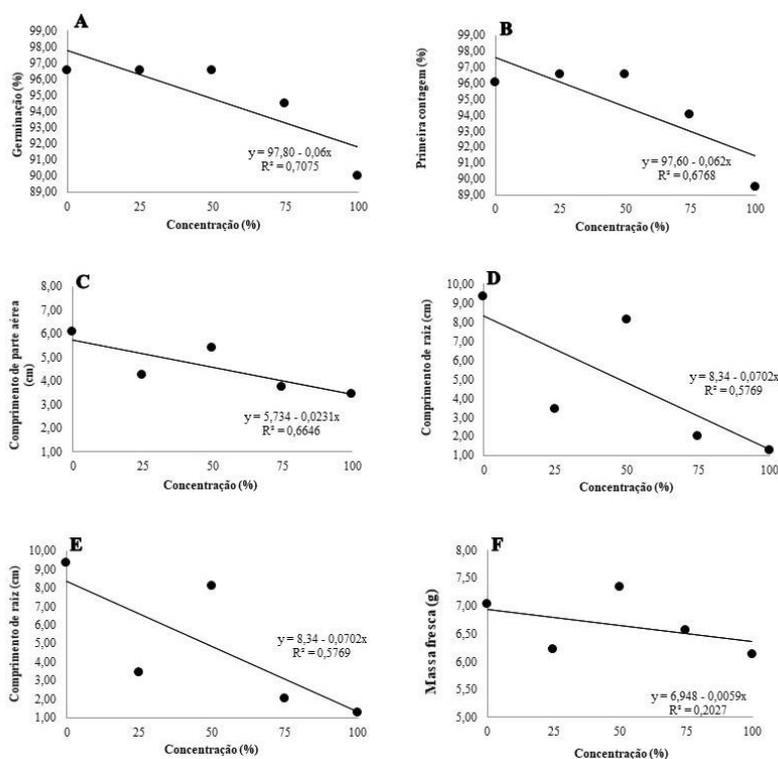


Figura 2. Médias observadas e funções ajustadas para as variáveis em estudo, em função de diferentes concentrações de extratos aquosos de jurubeba.

A alelopatia define as interações bioquímicas benéficas ou prejudiciais entre plantas (RICE, 1984). Diversas plantas sintetizam, por meio do seu metabolismo secundário, compostos denominados aleloquímicos, que possuem potencial de inibição da germinação e do crescimento inicial de outras. Em consequência, podem proporcionar alterações em nível hormonal, fotossintético, respiratório e por prejudicar a seletividade e a permeabilidade de membranas celulares (CHOU, 2006).

Hassan et al. (1998) acrescenta que, os alelo químicos produzidos pelas plantas podem inibir a germinação de sementes, esse fato ocorre no presente estudo com a sementes de soja submetidas a extrato aquoso de jurubeba, onde há diminuição na porcentagem de germinação conforme aumenta as concentrações, ocorrendo um decréscimo de 0,06% na germinação percentual, para cada percentual de extrato aquoso de jurubeba acrescida.

Observa-se na Figura 2B que para cada percentual de extrato de jurubeba acrescido, apresenta um decréscimo de 0,062% na primeira contagem.

É possível verificar que, a primeira contagem de germinação não demonstra alterações na capacidade germinativa de sementes nas baixas concentrações do extrato, necessitando a elevação da concentração acima de 50% para proporcionar efeito prejudicial. Desse modo, o efeito tóxico de determinado extrato vegetal depende da concentração dos compostos tóxicos e do tecido de extração (WU et al., 2009), o que em parte, explica a redução da germinação nas maiores concentrações do extrato.

Na Figura 2C, observa-se que para cada percentual de extratos acrescidos, ocorre um decréscimo de 0,0231 cm no comprimento da parte aérea.

O mesmo foi encontrado por Maraschin-Silva e Aquila (2006) ao observarem que, extratos de *Psychotria leiocarpa* reduziram o comprimento de parte aérea de plântulas de *Lactuca sativa*. Machado et al. (2003) relataram reduções de 70% no hipocótilo de plântulas de *Lactuca sativa* pelo tratamento das sementes com soluções a 5% dos extratos de *Zantedeschia aethiopica*, *Ruta graveolens*, *Sansevieria trifasciata* e *Allamanda catártica*.

Observa-se na Figura 2D que, o comprimento de raiz das plântulas de soja sofre redução de 78,4 e 86,5% com a aplicação de 75

e 100% do extrato, respectivamente, se comparado com a testemunha.

Rosa et al. (2007), observou a diminuição no comprimento da raiz de *panicum maximum* tratadas com extrato aquoso da parte aérea de plantas de *Nicotiana tabacum*, os autores verificaram que, mesmo com a menor concentração utilizada (20%) houve um efeito inibitório.

Para Sonogo et al. (2012), o crescimento da radícula e do caulículo das plântulas de *Zea mays* foi diminuído pelos extratos de *Megathyrus maximus*, sendo que, o crescimento do caulículo foi menor quando se utilizou folhas e colmos verdes.

Segundo Hoffmann et al. (2007), o sistema radicular das plantas é o mais sensível a ação de alelo químicos, porque o seu alongamento depende da divisão celular que, se inibida, compromete o seu desenvolvimento normal. Muitos alelos químicos inibem o crescimento das plantas e seu desenvolvimento por afetarem diretamente a divisão celular (HESS, 1987).

Cruz-Ortega et al. (1998) e Chung et al. (2001) relataram que, o efeito mais acentuado sobre o sistema radicular é consequência do contato mais íntimo desta estrutura com a solução de alelo químicos e, que nesse estágio de desenvolvimento, os efeitos deletérios sobre o metabolismo são mais drásticos, uma vez que, ele é o alvo primário dos metabólitos secundários, aliado ao alto metabolismo radicular e sensibilidade ao estresse ambiental.

Em relação ao comprimento total das plântulas de soja, observa-se na Figura 2E que, as plântulas sofrem redução de 62,6 e 69,5% com a aplicação de 75 e 100% do extrato, respectivamente, se comparado com a testemunha. Observa-se que, para cada percentual de extrato acrescido, há um decréscimo de 0,0933 cm no comprimento total da soja.

Khanh et al. (2006) verificaram que, extratos de folhas de *Passiflora edulis* reduziram significativamente o comprimento da radícula e da parte aérea de plântulas de *Raphanus sativus*, ou seja, afetou o comprimento total das plântulas desta espécie olerícola.

Tokura e Nobrega (2005) verificaram que, os extratos aquosos de *Triticum*, *Avena strigosa*, *Pennisetum americanum*, *Brassica rapa* e *Brassica napus* diminuíram o crescimento da radícula e da parte aérea de plântulas de *Zea mays*.

Trabalhos realizados por Ferreira e Áquila (2000), relatam que a aveia-preta afetou o crescimento destas plantas de *Zea mays*, *Glycine max* e *Phaseolus vulgaris*, apresentando resultado semelhante ao do presente trabalho, onde o extrato aquoso da jurubeba afeta o crescimento das plântulas de soja.

Observa-se na Figura 2F que, a massa fresca das plântulas de soja sofre redução de 6,7 e 12,9% com a aplicação de 75 e 100% do extrato, respectivamente, se comparado com a testemunha.

Borella e Pastorini (2009), observaram que massa fresca de plântulas de picão-preto não foi alterada pelo aumento das concentrações do extrato aquoso de *Phytolacca dioica* L.

Já Hoffman et al. (2007) verificaram uma redução significativa da massa fresca de picão-preto com o aumento das concentrações de extrato de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott. Os mesmos autores afirmaram que, a redução de massa fresca é consequência da redução das estruturas da plântula e também citam que, a massa fresca é um fator dependente da translocação de nutrientes pela plântula.

Ferreira (2004) afirma que, a germinação é menos sensível aos alelo químicos do que o crescimento da plântula, sendo que o efeito alelopático se dá sobre a velocidade de germinação ou sobre outro parâmetro do processo como comprimento médio de raiz, de parte de aérea e comprimento total, como observado no presente trabalho que, apresenta efeito alelopático da jurubeba nos parâmetros de comprimento e de massa fresca das plântulas.

Conclusão

O extrato aquoso da Jurubeba teve efeito alelopático, diminuindo a germinação e o crescimento inicial de plântulas de soja.

O extrato aquoso da Jurubeba também ocasionou estresse oxidativo nas plântulas de soja.

Referências

- AUMONDE, T. Z.; MARTINAZZO, E. G.; PEDÓ, T.; BORELLA, J.; AMARANTE, L.; VILLELA, F. A.; MORAES, D. M. Respostas fisiológicas de sementes e plântulas de alface submetidas ao extrato de *Philodendron bipinnatifidum*. *Semina: Ciências Agrárias*, v.34, n.6, sup.1, p.3181-3192, 2013.
- BOGATEK, R. R.; GNIAZDOWSKA, A.; ZAKRZEWSKA, W.; ORACZ, K.; GAWROŃSKI, S. W. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. *Biologia Plantarum*, v.50, n.1, p.156-158, 2006.
- BORELLA, J.; PASTORINI, L. H. Influência alelopática de *Phytolacca dioica* L. na germinação e crescimento inicial de tomate e picão-preto. *Revista Biotemas*, v.22, n.3, p.67-75. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para Análise de sementes. Brasília: SNDP/DNDV/CLAV, 2009. 365p.
- CAKMAK, I.; HORST, J. H. Effects of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum*, v.83, p.463-468, 1991.
- CHOU, C. H. Introduction to allelopathy. In: REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; GONZÁLEZ, L. (Ed.). *Allelopathy: a physiological process with ecological implications*. Dordrecht: Springer. 2006. 637p.
- CHUNG, I. M.; AHN, L. K.; YUN, S. J. Assesment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-gall*) on rice (*Oriza sativa* L.) cultivars. *Crop Protection*, v.20, p.921-928, 2001.
- CORSATO, J. M.; FORTES, A. M. T.; SANTORUM, M.; LESZCZYNSKI, R. Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão-preto. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, n.2, p.353-360, 2010.
- CRUZ-ORTEGA, R.; ANAYA, A. L.; HERNÁNDEZ-BAUTISTA, B. E.; LAGUNA-HERNÁNDEZ, G. Effects of allelochemical stress produced by *Sicyios deppei* on seedling root ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* and *Cucurbita fi cifolia*. *Journal of Chemical Ecology*, v.24, n.12, p.2039-2057, 1998.
- ELSTNER, E. F.; HEUPEL, A. Inhibition of nitrite formation from hydroxylammonium chloride: a simple assay for superoxide dismutase. *Analytical Biochemistry*, v.70, n.2, p.616-620, 1976.
- ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L.; FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. *Ambi-Água*, v.4, n.1, p.58-80, 2009.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O complexo agroindustrial da soja brasileira. (2007). Embrapa Soja (Circ. Téc. 43).
- FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Rev. Assoc. Méd. Bras.*, v.43, p.1-16, 1997.

- FERREIRA, A. G. Interferência: competição e alelopatia, In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap.16, p.251-262.
- FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.12, ed. esp., p.175-204, 2000.
- FRANÇA, A. C.; SOUZA, I. F. SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, E. Q.; MARTINOTTO, C. Atividades alelopáticas de Nim sobre o crescimento de sorgo, alface e picão-preto. Ciência Agrotecnologia, v.32, n.5, p.1374-1379, 2008.
- FUERST, E. P.; PUTNAN, A. R. Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. Journal Chem. Ecol., v.9, p.937-944, 1983.
- GONG, M. L. Y., CHEN, S. Z. Abscisic acid-induced thermotolerance in maize seedlings is mediated by calcium and associated with antioxidant systems. Journal Plant Physiol., v.153, p.488-496, 1998.
- HASSAN, H. T.; GUTENSOHN, K.; ZANDER, A. R.; KUHN, P. CD34 Positive cell sorting and enrichment: applications in bloodbanking and transplantation. In: Cell Separation: Methods and Applications, RECKTENWALD, D.; A. RADBRUCH (Eds.). Marcel Dekker Inc., New York, USA, 1998. p.283-292.
- HESS, F. D. Herbicide effects on the cell cycle of meristematic plant cells. Reviews of Weed Science, v.3, p.183-203, 1987.
- HOFFMANN, C. E. F.; NEVES, L. A. S. das; BASTOS, C. F.; WALLAU, G. L. da. Atividade alelopática de *Nerium Oleander* L. e *Dieffenbachia picta* Schott em sementes de *Lactuca Sativa* L. e *Bidens pilosa* L. Revista de Ciências Agroveterinárias, v.6, n.1, p.11-21, 2007.
- KHANH, T. D.; CHUNG, I. M.; TAWATA, S.; XUAN, T. D. Weed suppression by *Passiflora edulis* and its potential allelochemicals. Weed Research, v.46, p.296-303, 2006.
- KIM, Y. H.; KWAK, S. S. The role of antioxidant enzymes during leaf development. In: GUPTA, S. D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfield: Science Publishers, 2010. p.129-150.
- MACHADO, A. Indicação da alelopatia de Cinamomo (*Melia azedarach* L.) na agricultura orgânica. 47f. Monografia. UNIOESTE. Cascavel, 2008.
- MACHADO, K. Z.; PIZZOLATI, M. G.; BRINGHENTE, I. M. C. Efeito alelopático de plantas ornamentais tóxicas. In: Encontro de Química da Região Sul, 11., 2003, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPEL, 2003.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science, v.2, p.176-177, 1962.
- MARASCHIN-SILVA, F.; AQUILA, M. E. A. Contribuição ao estudo do potencial alelopático de espécies nativas. Revista Árvore, v.30, p.547-555, 2006.
- MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. Ó. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da Lagoa do Uruaú - Beberibe/CE. Geonorte, v.2, n.4, p.1509-1518, 2012.
- MENEGATTI, A. L. A. C. Custo de produção para soja convencional e transgênica a luz das metodologias utilizadas pelos órgãos públicos no Brasil e nos Estados Unidos: um estudo para o estado do Mato Grosso do Sul. 124f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2006.
- MORAIS, C. S. B. Condicionamento osmótico de sementes e potencial alelopático de resíduos de girassol. 113f. Tese (Doutorado). Curso de Pós-graduação em Fitotecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p.49-85.
- NORDBERG, J.; ARNÉR, E. S. J. Reactive oxygen species, antioxidants and the mammalian thioredoxin system. Free Radic. Biol. Med., v.31, p.1287-1312, 2001.
- ORACZ, K.; BAILLY, C.; GNIAZDOWSKA, A.; CÔME, D.; CORBINEAU, F.; BOGATEK, R. Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. Journal Chemical Ecology, v.33, n.2, p.251-264, 2007.
- PERIOTTO, F.; PEREZ, S. C. J. G. A.; LIMA, M. I. S. Efeito alelopático de *Andira humilis* Mart. *Ex Benth* na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. Acta Botanica Brasílica, v.18, n.3, p. 425-430, 2004.
- PICCOLO, G.; ROSA, D. M.; MARQUES D. S.; MAULI, M. M.; FORTES, A. M. T. Efeito alelopático de capim limão e sabugueiro sobre a germinação de guanxuma. Semina: Ciências Agrárias, v.28, n.3, p.381-386, 2007.
- REHMAN, S.; HARRIS, P. J. C.; BOURNE, W. F.; WILKIN J. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. Seed Science and Technology, v.25, n.1, p.45-57, 1996.
- REZENDE, C. P.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; SANTOS, I. P. A. Alelopatia e suas interações

- na formação e manejo de pastagens. Boletim Agropecuário, n.54, p.1-55, 2003.
- RICE, E. L. Allelopathy. New York: Academic Press, 1974. 353p.
- RICE, E. L. Allelopathy. 2. ed. New York, USA. Academic Press, 1984, 422p.
- ROSA, D. M.; FORTES, A. M. T.; PALMA, P.; MARQUES, D. S.; MALAGUTTI CORSATO, J. M.; LESZCZYNSKI, R.; MAULI, M. M. Efeito dos extratos de tabaco, leucena e sabugueiro sobre a germinação de *Panicum maximum* Jaqc. Revista Brasileira de Biociências, v.5, supl.2, p.444-446, 2007.
- SANTOS, H. S.; GOTO, R. Enxertia em plantas de pimentão no controle da murcha de fitóftora em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, v.22, n.1, p.45-49, 2004.
- SANTOS, O. S. DOS; ALVAREZ FILHO, A.; SACCOL, A. V.; HELDWEIN, A. B.; DALMEYER, A. U.; LINK, D.; COSTA, E. C.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; CÔVOLO, G.; KAMINSKI, J.; FRIES, M. R.; MENEZES, N. L.; MANARA, N. T. F.; MANFRON, P. A.; VEIGA, P.; MACHADO, S. L. O.; SEDIYAMA, T.; BOLLER, W. A cultura da soja, 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná. 2 ed. Globo: São Paulo. 1995. 299p.
- SANTOS, S. P. A. Jurubeba: importância e sua utilidade. Tecnologias Sociais, Recife-PE, v.1, 1. ed. 2013.
- SINGH, A.; SINGH, D.; SINGH, N. B. Allelochemical stress produced by aqueous leachate of *Nicotiana plumbaginifolia* Viv. Plant Growth Regulation, v.58, p.163-171, 2009.
- STREIT, M. N.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. Ciência Rural, v.35, p.748-755, 2005.
- SINHA, S.; SAXENA, R. Effect of iron on lipid peroxidation, and enzymatic and nonenzymatic antioxidants and bacoside-a content in medicinal plant *bacopa monnieri* L. Chemosphere, v.62, p.1340-1350, 2006.
- SONEGO, E. T.; CUZZI, G.; VILLANI, A.; FREDDO, A. R.; SANTOS, I. D. Extratos alelopáticos de capim Tanzânia no desenvolvimento inicial de plântulas de milho. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, v.5, n.2, p.61-72, 2012.
- TESTA, B. The metabolism of drugs and other xenobiotics. Academic Press, New York. 1995. 475p.
- TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Potencial alelopático de cultivos de cobertura vegetal no desenvolvimento de plântulas de milho. Acta Scientiarum Agronomy, v.27, n.2, p.287-292, 2005.
- VELIKOVA, V.; YORDANOV, I.; EDREVA, A. Oxidative stress and some antioxidant system in acid rain treated bean plants: protective role of exogenous polyamines. Plant Science, v.151, p.59-66, 2000.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Teste de vigor em sementes. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1994. 164p.
- WU, Q. S.; XIA, R. X.; ZOU, Y. N. Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings subjected to water stress. Journal of Plant Physiology, v.163, p.1101-1110, 2006.

Capítulo 12

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE MATA ATLÂNTICA

Luiz Sergio Vanzela¹
Elise Baroni Ramos²
Gabriela Guimarães Papa Buosi³
Noelen Muriel Doimo Prado Martins⁴

¹Dr. em Agronomia, Prefeitura de Fernandópolis/Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Fernandópolis-SP, lsvanzela@yahoo.com.br

²Esp. em Eng. de Estruturas, Prefeitura de Fernandópolis/Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Fernandópolis-SP, elise_baroni@hotmail.com

³Mestranda em Agronomia, Prefeitura de Fernandópolis/Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Fernandópolis-SP, gabygpapa@gmail.com

⁴Eng. Ambiental e Sanitarista, Prefeitura de Fernandópolis/Secretaria Municipal de Meio Ambiente, noelen_muriel@hotmail.com

Introdução

O Brasil é um país de dimensões continentais e privilegiado com grande quantidade de recursos naturais, dentre os quais, destaca-se as florestas nativas.

A vegetação nativa brasileira é, ao todo, constituída por seis biomas de características distintas (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), os quais abrigam uma grande diversidade de flora e fauna (MMA, s/d).

Dentre estes biomas, o da mata atlântica é o que mais foi degradado no Brasil, restando apenas 12% de sua área ainda preservada (IBGE, 2012), sendo este cenário preocupante em função da perda irrecuperável de sua biodiversidade.

Assim, planejar o desenvolvimento municipal sustentável visando à mitigação dos fatores de pressão sobre biomas, como o da Mata Atlântica, pressupõe a utilização de um conjunto de instrumentos (especialmente normas, planos, projetos e programas), de forma a orientar a melhor distribuição espacial da população e das atividades produtivas no território, otimizar os recursos humanos e econômicos disponíveis, conservar os recursos naturais existentes e recuperar parte do que foi degradado (DUTRA et al., 2013).

Uma proposta de solução para preservar e restaurar a Mata Atlântica é a elaboração, aprovação por Lei Municipal e aplicação dos Planos Municipais de Mata Atlântica (PMMA). Estes planos devem conter um diagnóstico de quais fatores promoveram a degradação da mata atlântica dentro dos limites do município

e propor ações para a sua recuperação dentro de um tempo previsto.

Com a finalidade de contribuir com uma metodologia na elaboração dos PMMA em municípios que ainda não o possui, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma proposta metodológica simples e padronizada.

Material e Métodos

Localização e características do município

O município de Fernandópolis tem sua área total oficial de 549,797 km² (54.979,7 ha) localizada no Noroeste Paulista, com a área urbana localizada nas coordenadas 20°17'00" Sul e 50°14'54" Oeste (Figura 1).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é subtropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (ROLIM et al., 2007). De acordo com o balanço hídrico climatológico normal ponderado do município de Fernandópolis, a precipitação média anual é de 1.321 mm, com 8 meses de deficiência hídrica e o mês de agosto o de maior déficit hídrico. De acordo com o Oliveira et al. (1999), os solos do município de Fernandópolis são constituídos pelos grupos LV56, PVA1, PVA10 e PVA105.

De acordo com Vanzela (2012), o território municipal está compreendido entre as altitudes de 340 a 560 m, sendo que a maior parte de seu território (58,28%) entre 440 a 500 m, e com a maior parte de seu território (81,67%) com declividades entre 2 a 10%, sendo a classe predominante de 5 a 10% de declividade.

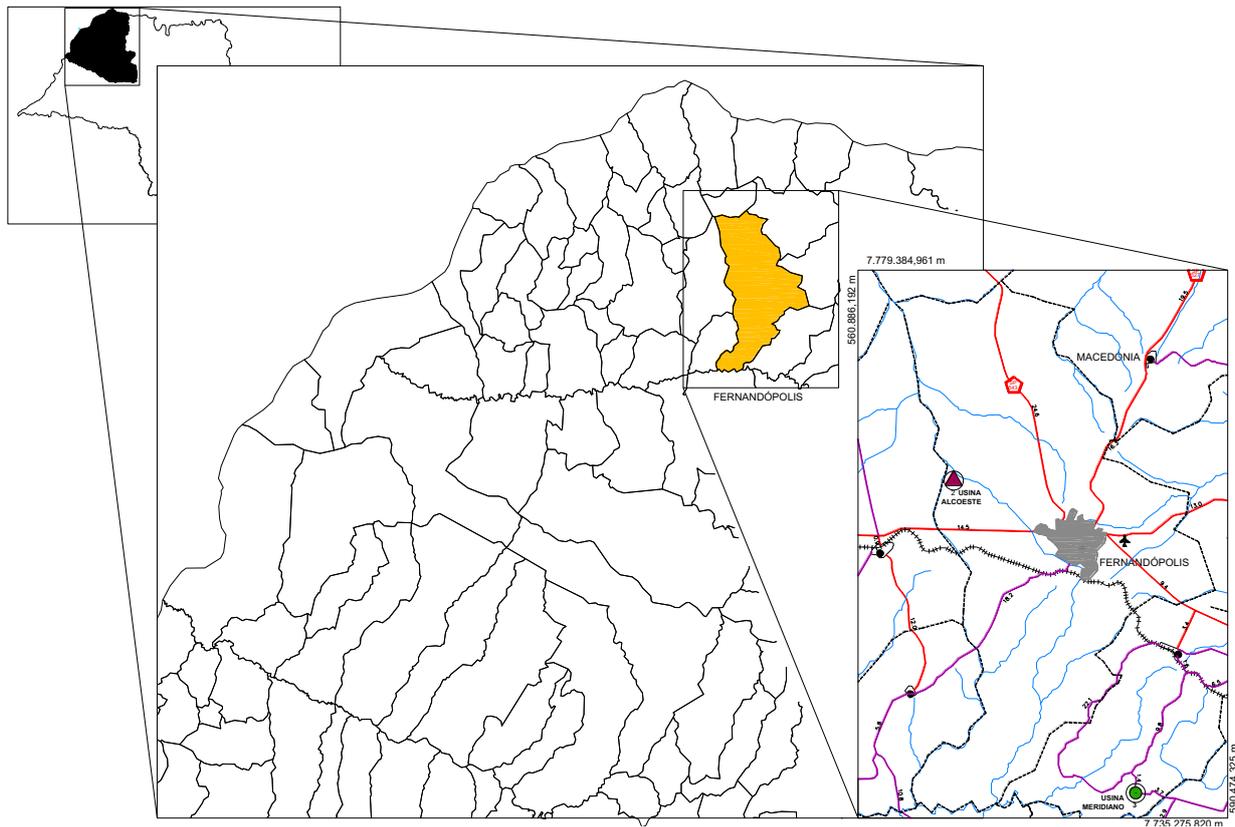


Figura 1. Localização do município de Fernandópolis – SP. Fonte: Vanzela (2012).

Com relação a hidrografia, seu território está dividido em duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 61,8% na Bacia do Rio Turvo/Grande e 38,2% na Bacia do São José dos Dourados. Na Bacia do Rio Turvo/Grande, os recursos hídricos superficiais estão distribuídos entre as sub-bacias dos Ribeirões Santa Rita (38,2% do total) e Pádua Diniz (10,7% do total) e do Córrego das Pedras (12,9% do total). Já na Bacia do São José dos

Dourados, os recursos hídricos superficiais são constituídos pelas sub-bacias dos Ribeirões Jagora (14,9% do total) e São Pedro (23,3% do total) (VANZELA, 2012).

De acordo com a localização do município de Fernandópolis, os seus limites estão situados nos domínios do Bioma da Mata Atlântica e no tipo de fisionomia da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Semi caducifólia) Antropizada (Figura 2).

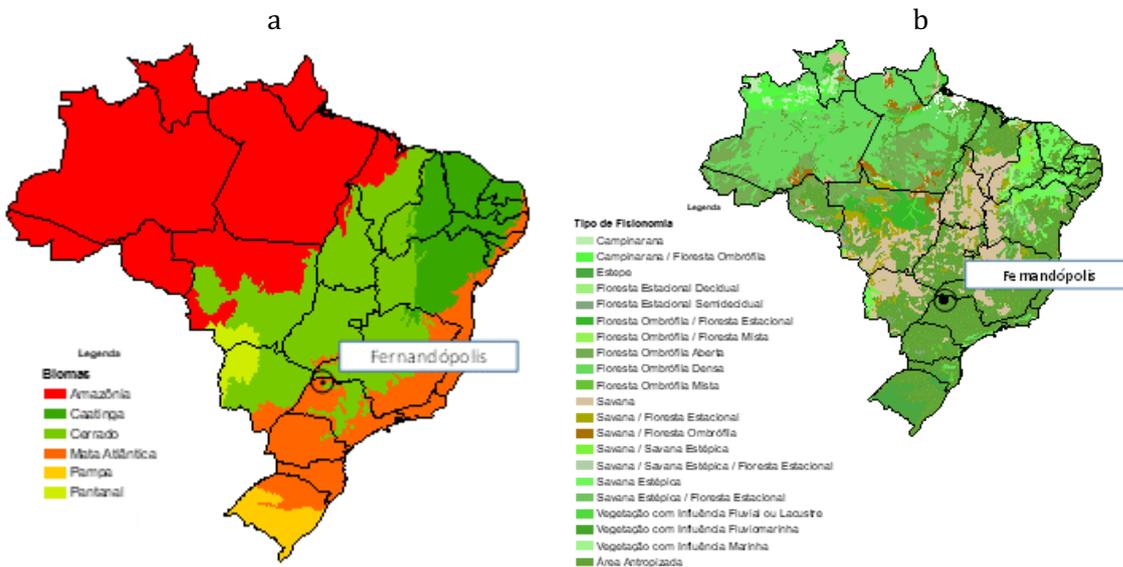


Figura 2. Localização do município em relação ao bioma (a) e o tipo de fisionomia da vegetação (b). Fonte: Vanzela (2019).

O desenvolvimento do trabalho foi realizado em duas etapas: (1) Desenvolvimento da proposta metodológica para a elaboração de Planos Municipais de Mata Atlântica e (2) Aplicação para o município de Fernandópolis.

A proposta metodológica foi desenvolvida na etapa 1 foi com base nos critérios apresentados no Código Florestal Brasileiro, Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências.

O princípio da metodologia foi fundamentado na definição de prioridades de preservação/restauração da Mata Atlântica, em função dos seguintes fatores: localização da vegetação (em Área de Preservação Permanente – APP, em Reserva Legal - RL ou em outras áreas), situação física da vegetação (preservada ou degradada) e situação cadastral no Cadastro Ambiental Rural - CAR (cadastrada ou não cadastrada).

A obtenção dos dados da etapa 2, no Município, foi levantada por mapeamento atual do uso e ocupação do solo, utilizando imagens de satélite de alta resolução, datadas de novembro de 2018 e maio de 2019, obtidas do Google Earth (GOOGLE Inc., 2019). O uso e ocupação no município foi elaborado por digitalização manual e classificação visual utilizando o software Quantum GIS versão 4.3.3 (QGIS 4.3.3).

Para definir a localização e situação física da vegetação foi necessário mapear as

APP's, que foram geradas por buffers a partir dos vetores da rede drenagem, digitalizados manualmente com o auxílio das isolinhas altimétricas originadas da carta topográfica vetorizada SF.22-D-II-4 do IBGE (1965). Este processo foi realizado no software QGIS 4.3.3.

A situação cadastral no CAR foi obtida a partir dos vetores dos imóveis inscritos no CAR obtidos do banco de dados de consulta pública do Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR (BRASIL, 2019), do qual realizou-se o download dos vetores dos limites dos imóveis.

Para obter as áreas de vegetação nativa dentro de cada localização, situação física e cadastral da vegetação, realizou-se uma tabulação cruzada entre os mapas de uso e ocupação do solo, das áreas de preservação permanente e dos imóveis inscritos no CAR, com o auxílio do software QGIS 4.3.3. A tabela foi exportada onde os demais cálculos foram realizados no software Microsoft Excel.

Resultados e Discussão

Metodologia para Elaboração de Planos Municipais de Mata Atlântica

Na Figura 3 está apresentado um fluxograma das combinações possíveis entre a vegetação, a localização e a situação do qual se fundamenta a proposta metodológica de elaboração de Planos Municipais de Mata Atlântica.

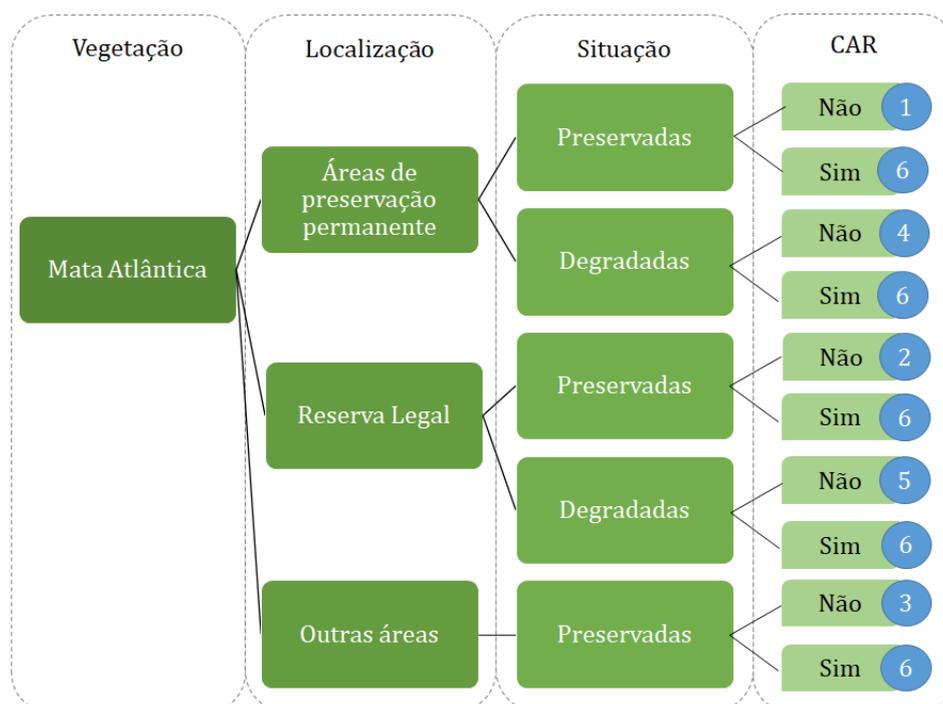


Figura 3. Fluxograma da metodologia empregada na definição das prioridades, em que as prioridades variam de 1 a 6, e CAR é o Cadastro Ambiental Rural.

De acordo com a metodologia, os planos municipais de mata atlântica devem priorizar as áreas preservadas que não possuem o Cadastro Ambiental Rural (CAR), na seguinte ordem: 1 - APP's, 2 - Reserva Legal e 3 - Outras áreas. Essas devem ser prioridade pois, sem o Cadastro Ambiental Rural, ainda apresentam risco de serem degradadas.

Em seguida, as prioridades do plano devem contemplar as áreas que não tem o CAR e necessitam de recuperação ambiental, na seguinte sequência: 4-Áreas de Preservação Permanente (APP's) e 5-Reserva Legal. Elas

estão no nível intermediário de prioridade porque estão em áreas especiais de sustentabilidade e ainda não estão cadastradas para a execução do Plano de Recuperação Ambiental (PRA).

As demais condições estão no último nível de prioridade porque já possuem o CAR e, em caso de estarem degradadas, futuramente serão objetos do PRA.

Dessa forma, de acordo com as prioridades estabelecidas, recomenda-se que os Planos Municipais de Mata Atlântica contemplem as ações propostas na Tabela 1.

Tabela 1. Ações previstas de acordo com o nível de prioridade das áreas no PMMA

Prioridade	Ação prevista no PMMA	Prazo (anos)
1, 2 e 3	Realizar o CAR	1° ao 3°
4 e 5	Realizar o CAR Implementação do PRA	4° a 10° 11° a 100°

As propostas recomendadas na Tabela 1 para as prioridades 1, 2 e 3 estão focadas em ações para evitar o risco de degradação dessas áreas, que é a realização imediata do Cadastro Ambiental Rural. O cadastro pode iniciar das áreas maiores e ser efetuado de forma simultânea nas três prioridades.

Para as prioridades 4 e 5 recomenda-se a realização do CAR em um prazo mais curto, que dependendo da situação, pode até ser realizada simultaneamente com as prioridades 1, 2 e 3. Em seguida, deve ser executado os PRA's, que em função do tamanho total da área e, conseqüentemente dos custos envolvidos, poderá ser realizado em um prazo maior. A definição desse prazo deve levar em consideração o bom senso dos gestores ambientais municipais, não recomendando-se ultrapassar o intervalo de 100 anos.

Por outro lado, o Poder Público Municipal, por meio dos órgãos ambientais, deve contribuir como um facilitador do cumprimento dos cronogramas. Ele pode desempenhar uma função de "elo de ligação" entre os empreendedores que necessitam realizar as compensações ambientais e os produtores rurais que precisam realizar as restaurações florestais.

Aplicação no município de Fernandópolis Breve Histórico do Plano Municipal de Mata Atlântica de Fernandópolis

Os primeiros trabalhos de diagnóstico da vegetação nativa de Fernandópolis, com o objetivo de elaborar o PMMA de Fernandópolis, ocorreu em fevereiro de 2017. Em maio do mesmo ano foi concluída a primeira edição, aprovada inicialmente no Conselho Municipal de Meio Ambiente em julho de 2017 e encaminhado para a Câmara Municipal em abril de 2018, para ser instituído por Lei Municipal.

Na data de 24 de setembro de 2018, com algumas pequenas atualizações, foi aprovada a Lei Municipal n. 4.780, que instituiu o Plano Municipal de Mata Atlântica de Fernandópolis, e outras providências.

Situação da Vegetação Nativa

No ano de 1985 as áreas de vegetação natural (matas nativas) já representavam pequena parcela do município, com um total aproximado de 3.800 ha (6,9% da área total) e se concentravam, sobretudo, nas áreas de preservação permanente e em pequenos fragmentos isolados (VANZELA, 2012) (Figura 4).

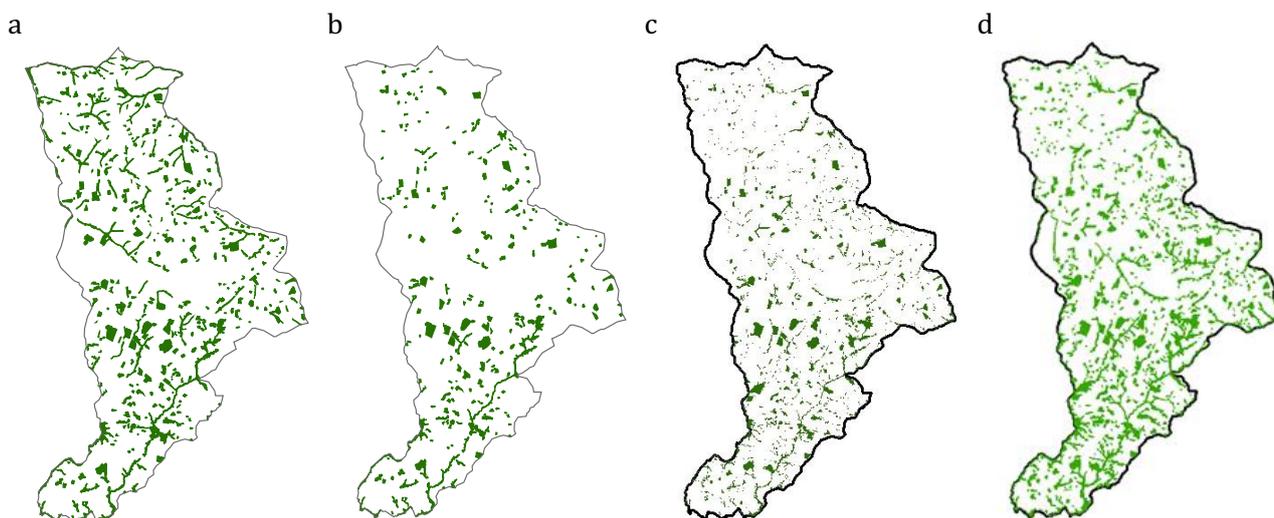


Figura 4. Áreas de matas nativas no município de Fernandópolis em 1985 (a), em 2008 (b), em 2017 (c) e em 2019 (d). Fonte: Vanzela (2019).

Pelo levantamento realizado por Vanzela (2012), as matas nativas remanescentes totalizam cerca 2.450 ha. Em 2018, um novo levantamento realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Fernandópolis (SMMA), por imagem de satélite de alta resolução (imagens datadas de 2017), foram encontrados um total de 4.446,20 ha. Uma nova atualização, também realizado pela SMMA, com imagens de alta resolução datada de

maio de 2019, observou-se uma área de 5.002,24 ha (aumento de 556,04 ha ou 12,5%). Uma parte significativa desse aumento foi da própria regeneração natural das APP's em 2 anos (39,1% do incremento nas APP's), fato este que pode ser atribuído à maior exigência dos órgãos em relação ao cumprimento do Código Florestal Brasileiro (Tabela 2) pois, atualmente, 88,3% da área rural do município já está cadastrada no CAR.

Tabela 2. Áreas totais, preservadas e degradadas de matas nativas, localizadas nas Áreas de Preservação Permanente (APP's), em Reserva Legal e seu total no município de Fernandópolis em outubro de 2019

Descrição	Preservadas (ha)	Degradadas (ha)	Total (ha)
APP's	1.172,91	3.030,23	4.203,13
Reserva Legal	3.829,33	2.953,57	6.782,90
Total	5.002,24	5.983,80	10.986,04

OBS: A área de 20% do total municipal corresponde a 10.986,04 ha.

Atualmente, os fragmentos de matas nativas preservadas são característicos de vegetação do bioma da mata atlântica e fisionomia vegetal da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Semicaducifolia) (Figura 5).



Figura 5. Fragmentos ainda preservados de Mata Atlântica, de aproximadamente 3 hectares, dentro dos limites do município de Fernandópolis - SP.

Os atuais 5.002,24 ha de florestas nativas ainda preservadas, correspondem a 9,1% da área total do município, resultando em um déficit de 5.983,80 ha de áreas que deveriam estar preservadas, de acordo com o Código Florestal (Tabela 2).

Ainda, do total de área preservada no município, 1.172,91 ha estão localizados dentro das áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água, o que corresponde a somente 27,9% da área total de APP's do município. Seriam necessários a restauração de um total de 3.030,23 ha para adequar o déficit

de mata nativa nas APP's, segundo o Código Florestal.

Estes resultados demonstram que a floresta nativa, tanto nas áreas de preservação permanente como nas demais áreas, estão aquém do ideal, e que o município de Fernandópolis demandará um significativo investimento para restaurar essas áreas.

A área atual de fragmentos de florestas nativas na Zona Urbanizada é de 227,64 ha, correspondendo a 8,7% de um total de 2.624,74 ha de área efetivamente urbanizada (Figura 6).

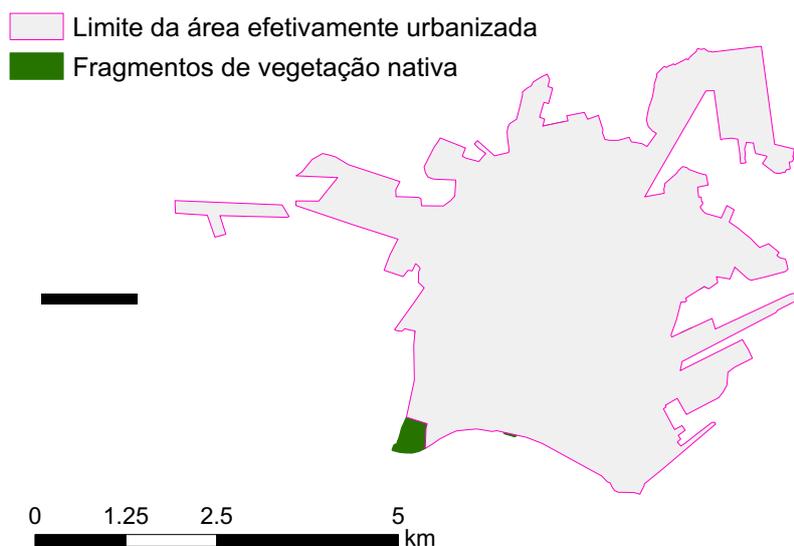


Figura 6. Detalhe dos fragmentos de matas nativas na área urbana. Fonte: Vanzela (2019).

Do total de 207,13 ha de APP's urbanas, cerca de 89,27 ha estão ocupadas por florestas nativas, o que corresponde a 43,1% das APP's

(Tabela 3). Uma parte das APP's urbanas estão degradadas ou foram ocupadas por vias públicas no processo de canalização.

Tabela 3. Áreas totais, preservadas e degradadas de matas nativas nas APP's, dos demais fragmentos de vegetação nativa, de projeção de copa da arborização urbana e de áreas verdes consolidadas, localizadas dentro da área efetivamente urbanizada de Fernandópolis - SP

Descrição	Preservadas (ha)	Degradadas (ha)	Total (ha)
Áreas não vegetadas	-	-	2.074,60
APP's urbanas	89,27	117,86	207,13
Demais Fragmentos de matas nativas	138,37	-	138,37
Área de projeção de copa	165,68	-	165,68
Áreas verdes consolidadas	38,96	-	38,96
Total	432,28	117,86	2.624,74

Os vetores que provocaram os desmatamentos ao longo desses últimos 30 anos são caracterizados, principalmente, pela exploração agrícola. Isso é explicado pelo fato de que o desenvolvimento agrícola foi bem dinâmico, com modificações muito rápidas no uso e ocupação do solo.

As principais modificações observadas, com o auxílio de fotografias aéreas e imagens de satélite, foram as evoluções das áreas de cultivo de cana-de-açúcar em substituição de culturas anuais, de cafezais e de pastagens (Figura 7).

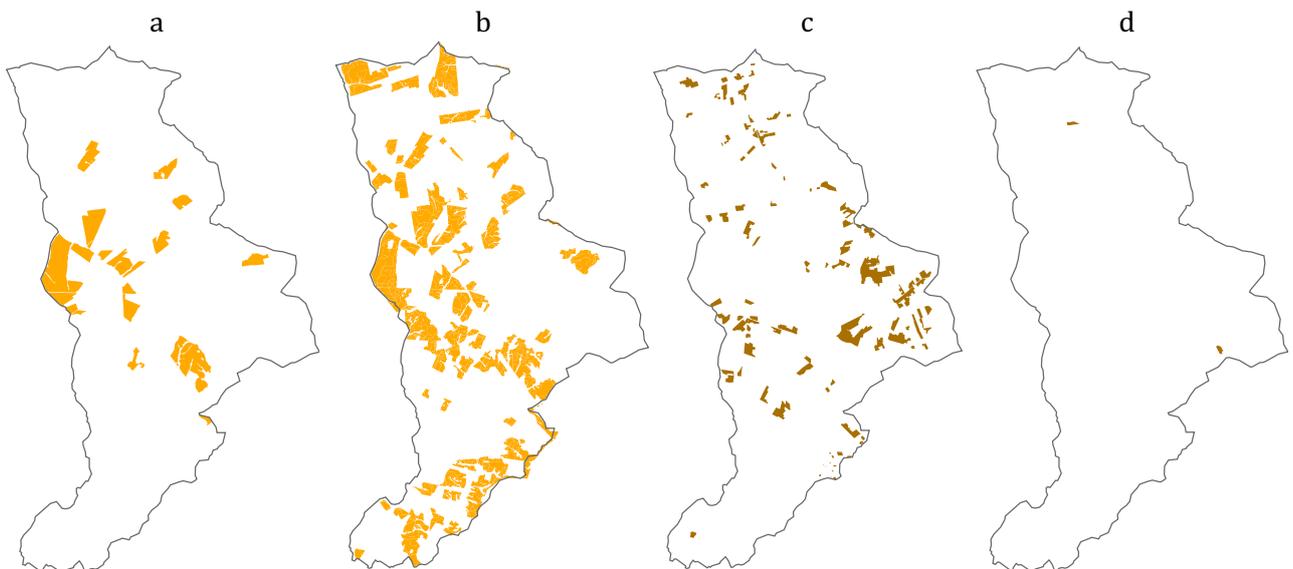


Figura 7. Distribuição da evolução de algumas das principais culturas agrícolas do município de Fernandópolis, sendo por cana-de-açúcar em 1985 (a) e atual (b) e cafezais em 1985 (c) e atual (d).
Fonte: Vanzela (2012).

Neste processo, da substituição de algumas culturas por outras, foram observadas a supressões de vegetação nativa, que resultou

em desmatamento nas áreas de preservação permanente e de pequenos fragmentos (Figura 8).

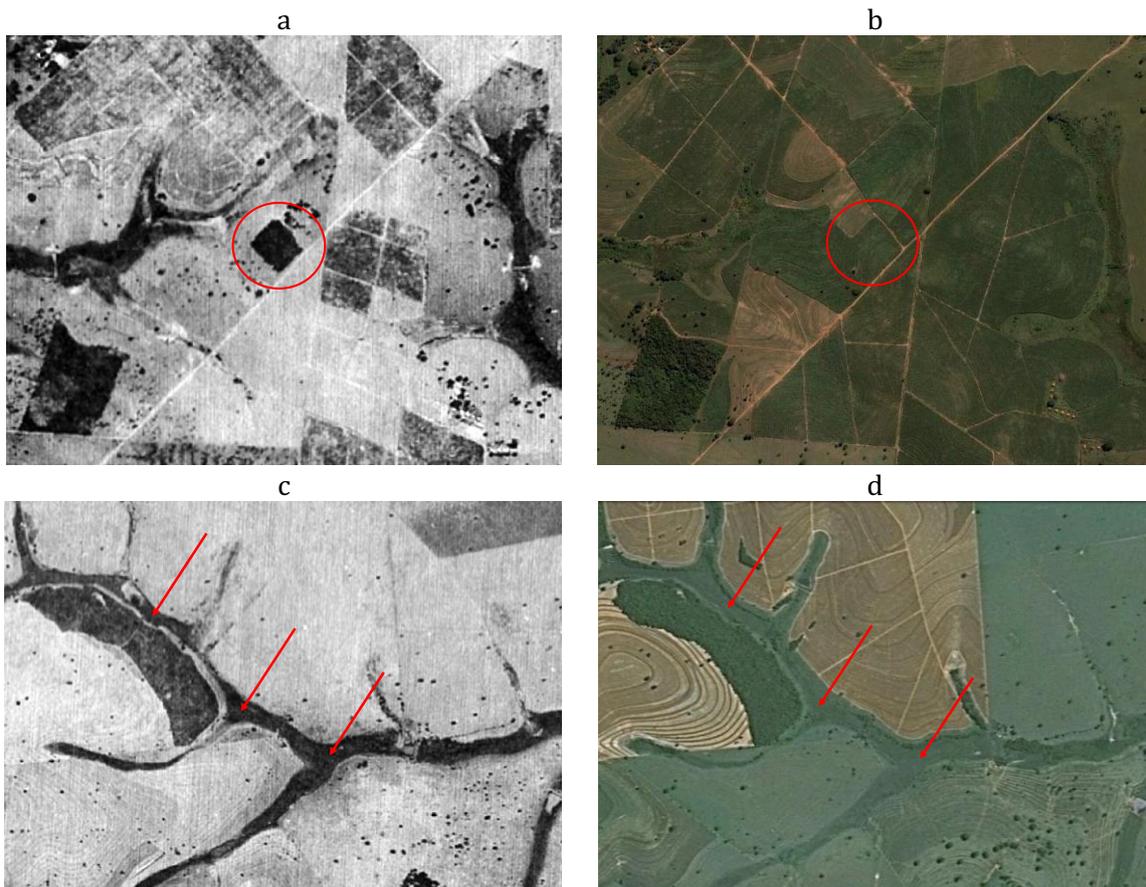


Figura 8. Fragmento de mata de 2 ha em 1985 (a) e mesmo local em 2008 (b). Local com mata ciliar em 1985 (c) e mesmo local com vegetação de várzea em 2008 (d), podendo ser verificada em função da rugosidade apresentada. Fonte: Vanzela (2012).

Em contrapartida, o setor sucroenergético também contribuiu significativamente com a restauração das florestas nativas nas áreas de preservação, seja pela demarcação das APP's ou por projetos de compensação.

Identificação das Prioridades

Na Tabela 4 estão apresentadas as áreas totais enquadradas nas prioridades de 1 a 6, conforme metodologia proposta na Figura 3.

Tabela 4. Áreas totais levantadas no município de Fernandópolis conforme as prioridades encontradas

Prioridades	Vegetação/Localização/Situação	Área (ha)
1	Mata Atlântica preservada em APP's, sem o CAR	87,09
2	Mata Atlântica preservada em RL, sem o CAR	112,93
4	Mata Atlântica degradada em APP's, sem o CAR	363,88
5	Mata Atlântica degradada em RL, sem o CAR	1186,15
6	Mata Atlântica degradadas em APP's, com o CAR	2666,35
	Mata Atlântica degradadas em RL, com o CAR	1767,42

As áreas prioritárias foram consideradas as áreas de preservação permanente (APP's) porque são as áreas de maior importância ecológica para a fauna e flora e recursos hídricos. As prioridades em APP's no município de Fernandópolis foram assim definidas:

- Mata atlântica preservada em APP's da zona rural, ainda não inscritas no CAR: como essas áreas ainda não estão inscritas no CAR, elas podem correr alto risco de serem degradadas, merecendo medidas rápidas para evitar sua degradação (prioridade 1);

- Mata atlântica degradada em APP's da zona rural e urbana, ainda não inscritas no CAR: como essas áreas são de significativa importância ambiental, estão degradadas e ainda não inscritas no CAR, com previsão de recuperação, devem receber medidas para o início do processo de recuperação (prioridade 4);

- Mata atlântica degradada em APP's de zona rural, inscritas no CAR: apesar de já inscritas no CAR, essas áreas ainda têm que ser recuperadas, devendo então receber medidas de incentivo para a restauração (prioridade 6).

As prioridades nas demais áreas da zona rural se refere as áreas de Reserva Legal (RL), de acordo com a situação de preservação e inscrição no CAR. Assim, as prioridades foram assim definidas:

- Mata atlântica preservada em Reserva Legal (exceto APP's) ainda não inscritas no CAR: como estas áreas estão preservadas, mas não inscritas no CAR, podem correr o risco de serem degradadas. Por isso devem ser tomadas medidas preferencias para que isso não ocorra (prioridade 2);

- Mata atlântica degradada em Reserva Legal (exceto APP's), ainda não inscritas no CAR: embora estas áreas não sejam preservadas, elas devem ser inscritas no CAR para o início do processo de recuperação ambiental (prioridade 5);

- Mata atlântica degradada em Reserva Legal (exceto APP's), já inscritas no CAR: embora estas áreas já possuam cadastro no CAR, elas devem ter medidas de incentivo para o início da recuperação ambiental (prioridade 6).

Conforme as prioridades encontradas após os levantamentos atualizados, definiram-se as medidas para a preservação/restauração dessas áreas, os quais estão apresentados em cronograma na Tabela 5.

Com a aplicação do PMMA de Fernandópolis, o resultado esperado é que nos próximos 100 anos (até agosto de 2117), sejam recuperados mais de 5.900 ha de área de mata atlântica e assim, restaurar o equilíbrio ecológico no município.

Tabela 5. Propostas para a preservação/restauração da mata atlântica no município de Fernandópolis - SP conforme as prioridades estabelecidas, considerando a aprovação do Plano Municipal de Mata Atlântica em outubro de 2019

Prioridades	Medidas propostas	Duração (meses)
1	a) Zona rural: inicialmente serão localizados quais os imóveis rurais possuem as áreas preservadas em APP's e seus respectivos proprietários. Zona urbana: a localização das áreas preservadas. b) Zona rural: realizar o registro no CAR por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente. Zona urbana: proteção com cercamento e colocação de placas de identificação.	24 (agosto de 2020)
2	a) Localização dos imóveis rurais: inicialmente serão localizados quais os imóveis rurais possuem as áreas preservadas em RL e seus respectivos proprietários. b) Registro no CAR: propor e incentivar os proprietários desses imóveis a realizar o registro no CAR por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente e executar os registros.	24 (agosto de 2020)
4	a) Localização dos imóveis rurais: inicialmente serão localizadas quais os imóveis rurais possuem as APP's degradadas e não inscritas no CAR, e seus respectivos proprietários. b) Registro no CAR: propor e incentivar os proprietários desses imóveis a realizar o registro no CAR por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente e executar os registros. c) Incentivar a restauração florestal: intermediar a oferta de mudas nativas para a realização da restauração florestal dessas áreas, por meio de parcerias com empresas e/ou instituições que produzem mudas nativas.	1200 (agosto de 2117)
5	a) Localização dos imóveis rurais: inicialmente serão localizados quais os imóveis rurais que não possuem as áreas preservadas em RL e seus respectivos proprietários. b) Registro no CAR: propor e incentivar os proprietários desses imóveis a realizar o registro no CAR por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente e executar os registros. c) Incentivar a restauração florestal: intermediar a oferta de mudas nativas para a realização da restauração florestal dessas áreas, por meio de parcerias com empresas e/ou instituições que produzem mudas nativas.	1200 (agosto de 2117)
6	a) Essas áreas serão restauradas conforme o Código Florestal, pois já estão cadastradas no CAR.	1200 (agosto de 2117)

Inclusão no Planejamento Orçamentário

O investimento necessário para cumprir as ações propostas nos Planos Municipais de Mata Atlântica, devem ser incluídos no Planejamento Orçamentário do Município.

Em Fernandópolis, o orçamento do PMMA está em fase de inclusão no planejamento municipal (Plano Plurianual Municipal- PPA e Lei Orçamentária Anual - LOA) para que tenha orçamento próprio, com vigência a partir de 2022, não inviabilizando a execução das etapas atuais. Os recursos financeiros necessários para o cumprimento do PMMA de Fernandópolis ainda não constam no atual PPA e LOA, porque foi aprovado por Lei Municipal em 2018, período que já estava em vigência os atuais PPA e LOA. Entretanto, mesmo não incluído no planejamento municipal atual, as prioridades 1 e 2 do cronograma do Plano Municipal de Mata Atlântica, não são comprometidos, pois são

ações que não despendem recursos físicos.

Conclusão

A metodologia empregada na elaboração do Plano Municipal de Mata Atlântica (PMMA) de Fernandópolis, com fundamentação na legislação brasileira e definição das prioridades de preservação/restauração com base na localização e situação (física e legal) das florestas nativas, proporcionou facilidade e objetividade na definição do cronograma de ações.

Portanto, pela experiência do Município de Fernandópolis na elaboração PMMA, entende-se que a metodologia proposta, poderá ser adotada como um modelo por outros municípios.

Referências

- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; Altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; Revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2012.
- BRASIL. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Brasília: Ministério da Agricultura, 2019. Disponível em: <http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 15 agosto 2019.
- DUTRA, C. M.; CORDEIRO, S. H. T. C.; CORDEIRO, L. A.; DEITENBACH, A. Roteiro para a elaboração dos Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica. Brasília: MMA, 2013. 68p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 350p.
- GOOGLE Inc. Google Earth versão 7.3.2.5776. Mountain View: Google Inc., 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta topográfica vetorizada SF.22-D-II-4. Brasília: IBGE, 1965. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 21 agosto 2017.
- IEA. Instituto de Economia Agrícola. Área e produção dos principais produtos da agropecuária. São Paulo: IEA, 2011. Disponível em: www.iea.sp.gov.br/out/index.php#. Acesso em: jun. 2011.
- IGC. Instituto de Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo. Aerolevantamentos de 1985: folhas de 8-26 a 8-31, 9-27 a 9-31, 10-29 a 10-33, 11-32 e 11-33, 11A-01 a 11A-05, 12-32 a 12-37, 13-37 a 13-40, 14A-04 e 14A-05, 15-30 e 15-31. São Paulo: IGC, 1985.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de imagens CBERS. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: www.dgi.inpe.br/CDSR/. Acesso: maio de 2011.
- LIMA, F. B. de; VANZELA, L. S.; MARINHO, M. de A.; SANTOS, G. O. Balanço hídrico climatológico normal ponderado para o município de Fernandópolis (SP). In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 16, 2009, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBAGRO, 2009.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Biomas. Brasília: MMA, s/d. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- NASA. United States National Aeronautics and Space Administration. ASTER Global Digital Elevation Map Announcement. Pasadena: NASA, 2010. Disponível em: www.asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp. Acesso em: ago. 2011.
- OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos, 1999. 64p.
- ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. *Bragantia*, v.66, n.4, p.711-720, 2007.
- VANZELA, L. S. Plano Municipal de Mata Atlântica de Fernandópolis. Fernandópolis: Prefeitura Municipal de Fernandópolis, 2019. 29p.
- VANZELA, L. S. Evolução da Paisagem do Município de Fernandópolis (SP). In: Fernandópolis, Prefeitura de Fernandópolis – Nossa história, nossa gente. 2. ed. Fernandópolis: Anglo S/A, 2012. p.246-266.

Capítulo 13

ESTUDO DA ANÁLISE MODAL EM PONTES

Gabriela Justino Valoes¹
Daniel Iglesias de Carvalho²

¹Graduanda em Eng. Civil, CEULP/ULBRA, Palmas-TO, gabrielajustinovaloes@gmail.com

²Prof. Me. CEULP/ULBRA, Palmas-TO, daniel.iglesias@ceulp.edu.br

Introdução

Segundo Medeiros (2002), a evolução dos processos de cálculo estrutural aliada ao desenvolvimento de materiais mais resistentes propicia a execução de estruturas cada vez mais esbeltas e flexíveis. Tais estruturas são mais susceptíveis a ações variáveis no tempo. Observando esta tendência, a NBR 6118/2014 trata, no seu capítulo 23, de ações dinâmicas e de fadiga. Nele, prescreve que, as ações dinâmicas podem provocar estados-limites de serviço e estados-limites últimos por vibração excessiva ou por fadiga dos materiais.

A partir de um conhecimento básico sobre as pontes, torna-se mais fácil compreender as ações e efeitos que agem em suas estruturas e os problemas causados por esses efeitos. Um desses problemas foi observado desde a criação das pontes pedonais (para tráfego de pedestres), que quando utilizados materiais de alta flexibilidade nas estruturas, foram notadas ações dinâmicas, que mesmo com baixa intensidade provocavam instabilidade na estrutura. Essas condições originavam vibrações excessivas que provocavam mal-estar e desconforto aos usuários (ABREU, 2008).

Vibração é todo movimento repetitivo de um corpo ou sistema de corpos unidos, em torno de um ponto de equilíbrio, conforme Hibbeler (2009). A vibração pode ser dividida em dois grupos, a vibração livre e a vibração forçada. Vibração livre é aquela que ocorre quando o movimento se mantém por causa da força da gravidade ou forças elásticas. Este tipo de vibração não causa danos estruturais. Já vibração forçada é causada por uma força externa aplicada ao sistema, como por exemplo, a vibração causada por um veículo em uma ponte. Este tipo de vibração, quando não amortecida da maneira correta, pode causar sérios danos estruturais (KÜSTER & SARTORTI, 2011).

A ressonância é um fenômeno físico em que ocorre a transferência de energia de um sistema oscilante para outro. Isso ocorre em situações em que a frequência de oscilação do

sistema excitador coincide com as frequências naturais do sistema excitado, levando a um aumento das amplitudes de vibração desse segundo sistema (KÜSTER & SARTORTI, 2011).

Segundo Assunção (2009), os efeitos das vibrações em pessoas têm ganhado cada vez mais importância no cenário mundial. Estudos apontam que, os efeitos das vibrações podem ser abordados sob vários aspectos, sejam eles patológicos, fisiológicos e psicológicos, de modo que podem causar, além de desconforto, sérios riscos saúde. O corpo humano é um sistema biomecânico extremamente complexo. Assim como qualquer corpo que possui massa e elasticidade, pode ser representado por um modelo mecânico, com massas, molas e amortecedores, com cada parte do corpo com sua respectiva frequência natural. E essas partes podem entrar em ressonância quando submetidas a vibrações externas de mesma frequência, com a consequente amplificação das vibrações.

Segundo Assunção (2009 apud GRIFFIN, 1996) e a NR 15, as vibrações transmitidas ao corpo humano costumam ser classificadas em dois tipos, de acordo com o meio de transmissão ao corpo, como vibrações de corpo inteiro e vibração de extremidades, para esse estudo a mais importante é a primeira, que se define em quando a pessoa exposta está suportada pela superfície vibratória, sentada, em pé ou deitada, conforme abordado pela ISO 2631.

Para Leme (2014), a análise modal é usada para calcular as frequências naturais e modos de vibração de uma estrutura. As frequências naturais e os modos de vibração são parâmetros importantes no projeto de uma estrutura para condições de carregamento dinâmico. Uma análise modal no ANSYS é sempre linear. Quaisquer não-linearidades, com plasticidade e elemento de contato, são ignoradas até mesmo se tiverem sido definidas.

Os modos de vibração, de acordo com Schwarz (1999), são propriedades inerentes de uma estrutura. Os modos de vibração, são designados pelas propriedades do material

como massa, rigidez e amortecimento e também através das condições de contorno da estrutura em questão. Cada modo é definido por uma frequência natural, amortecimento modal e um modo de vibração. Se as propriedades do material ou as condições de contorno da estrutura alteram-se, conseqüentemente os modos de vibração também passarão por mudanças.

Se caso de uma estrutura estiver operando muito próxima à frequência natural de um modo de vibração, esta estrutura, tende a ser dominada pelo modo de vibração ressonante (LEME, 2014).

Para Almeida (1990), a análise modal é capaz de determinar as propriedades dinâmicas de uma estrutura pela identificação de seus modos de vibração. Um modo de vibração é uma propriedade global de uma estrutura em questão e, portanto, a mesma pode ser excitada em qualquer ponto, com exceção dos pontos nodais. A ressonância associada com cada modo é independente da locação espacial, e é caracterizada por uma única distribuição de deformação ou forma modal através da estrutura.

De acordo com a NBR 7187/2003, e conforme definição constante na NBR 8681, ações são as causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas. As ações podem ser divididas em permanentes e variáveis.

No Eurocode 1: Ações em estruturas - Parte 2: cargas de tráfego em pontes, em seu capítulo 6 diz que para considerar a análise dinâmica para pontes com velocidades superiores a 200km/h, pois velocidades mais altas resultam no aumento das cargas, implicando maior complexidade na estrutura e conseqüentemente produzindo maiores efeitos dinâmicos. Os aspectos dinâmicos são de especial interesse e em muitos dos casos o fator principal no projeto estrutural. Em geral, para velocidades de tráfego superiores a 200 km/h todas as estruturas em pontes ferroviárias terão que ser sujeitas a análise dinâmica, devido à possibilidade de ocorrência de ressonância.

Esse trabalho tem como objetivo estudar a análise dinâmica em estruturas de concreto, elaborar três modelos teóricos de ponte em concreto com arranjo estrutural variado, realizar uma análise modal dos modelos alterando suas rigidezes e relacionar as frequências das vibrações aos efeitos no corpo humano.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada utilizando o software ANSYS, onde foi realizada a modelagem de 3 modelos de estrutura e combinados a 3 variações de módulo de elasticidade, gerando assim 9 combinações de estruturas, onde foram feitas a análise modal. Examinou-se os 6 primeiros modos de vibração (3 modos de translação e 3 modos de rotação) atuando em cada uma das estruturas. Após avaliou-se as frequências de cada modo, as deformações mínimas e máximas.

Foi seguido o procedimento criado por Marinho (2002), para a realização da análise modal, que consistiu em quatro principais etapas assim descritas a seguir.

Construção do modelo – Determinou-se o tipo de elemento (viga, placa, tubo, etc.), as constantes reais, propriedades dos materiais (módulo de elasticidade, densidade, coeficiente de Poisson, etc.), a geometria do modelo e disposição dos elementos estruturais (coordenadas nodais);

Solução – Neste passo definiu-se o tipo de análise para a solução em elemento finito das frequências naturais. Decidiu-se a extração e expansão dos modos de vibração para a revisão;

Extração e expansão dos modos – Estabeleceu-se o número de modos a serem extraídos expandidos, através da especificação de uma faixa de frequência, onde foram obtidos e ampliados os modos dentro daquela faixa.

Revisão dos resultados – Após o programa resolver o modelo, procedeu-se a apresentação dos resultados desejados (listagem das frequências correspondentes aos modos expandidos, plotagem da deformada de cada modo de vibração, animação do comportamento da estrutura nos vários modos de vibração) e verificou-se as frequências extraídas que afetam o corpo humano.

O trabalho utilizou-se de 3 módulos de elasticidades (E), pois alterado o módulo de elasticidade, o software faz automática e imediatamente os cálculos de rigidez, módulo de cisalhamento e módulo de massa. Para o primeiro, A, adotou-se $E = 3 \times 10^{10}$ Pa, pois costuma ser usado para pontes. O segundo, B, representa uma rigidez 30% menor que o primeiro, um valor de $E = 2,1 \times 10^{10}$ Pa, e o terceiro, C, é 30% maior que o valor inicial, sendo $E = 3,9 \times 10^{10}$ Pa.

Todas as estruturas tiveram 10 metros de largura e altura de 0,6 m, porém alterou-se o comprimento. Sendo o primeiro modelo contínuo de 15 metros com 2 apoios (1), o

segundo contínuo de 45 metros com 4 apoios (2), e o terceiro com juntas de dilatação com 45 metros com 4 apoios (3).

Após, procedeu-se a apresentação dos resultados desejados como listagem das frequências correspondentes aos modos expandidos, plotagem da deformada de cada modo de vibração, animação do comportamento da estrutura nos vários modos de vibração. Após verificou-se como as frequências extraídas afetaram o corpo humano, comparando os dados obtidos no estudo das vibrações feito por Simões (2014) com os valores referentes a esse estudo no ANSYS. Porém o efeito ao corpo humano descrito no estudo foi considerado no indivíduo como pedestre, considerando o usuário em contato direto com a estrutura.

Após concluir os modelos e coletar os dados, como frequência e deformações mínimas e máximas, estudou-se os dados obtidos, gerando assim gráficos e tabelas para comparar como se comportam os modelos e módulos de elasticidade. Em relação as frequências, foi realizado um comparativo com gráficos de linhas entre os módulos de elasticidade e entre as estruturas, para melhor entendimento do comportamento.

No estudo das deformações máximas, foram desenvolvidos gráficos de barras para melhor comparar as deformações entre os modos de vibração e também as deformações entre os modelos estruturais. Para o estudo das deformações mínimas, os dados foram organizados por tabelas devido a miudeza dos valores.

Resultados e Discussão

No comparativo das frequências entre estruturas observa-se que, os modelos 2 e 3, cuja a diferença é a presença de juntas de dilatação no modelo 3, apresentam comportamentos iguais nos gráficos de comparativo de frequência de mesma rigidez, conforme Figuras 1, 2 e 3. Pode-se observar que, o modelo 1 apresenta valores diferentes mais notáveis nas frequências em relação aos outros modelos a partir do modo 3, sendo o modo 3 o único que a estrutura 1 apresenta frequência menor que as demais, equivalendo a 0,04%.

No modo de vibração 4, a estrutura 1 é maior que as 2 e 3 em 76,81%, mesmo quando altera o módulo de elasticidade. Já no modo 5, no módulo A apresenta 112,77% da estrutura 1 para as estruturas 2 e 3, e nos módulos B e C cerca de 112,78%. A maior diferença está no modo de vibração 6, no qual apresenta um valor

de 145,50% maior no módulo de elasticidade A e 145,48% nos módulos B e C.

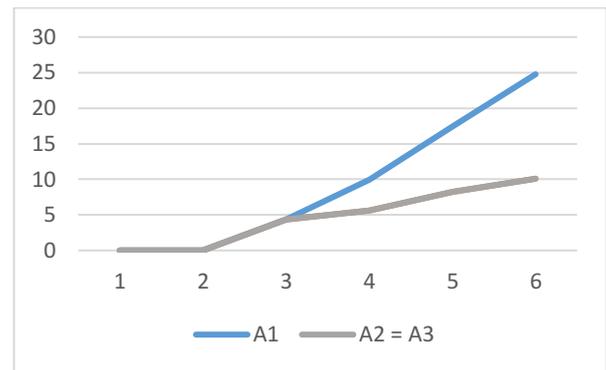


Figura 1. Comparativo das frequências (Hz) em A.

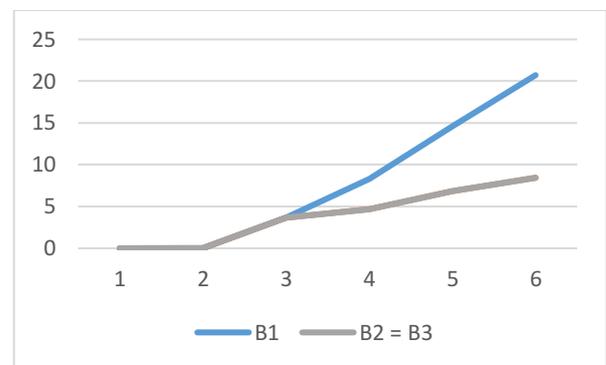


Figura 2. Comparativo das frequências (Hz) em B.

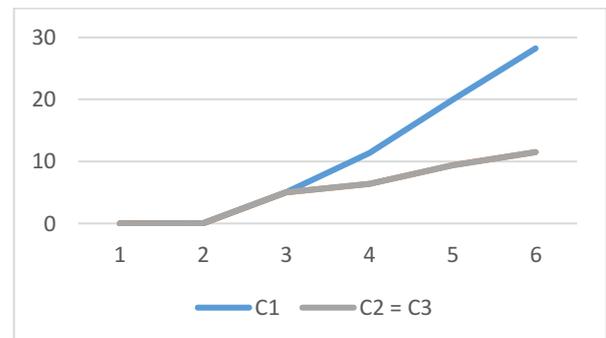


Figura 3. Comparativo das frequências (Hz) em C.

Comparando-se os módulos de elasticidade, com o mesmo modelo estrutural, observa-se linhas com o mesmo comportamento, porém, C sendo mais rígido apresenta-se frequências maiores, e B menos rígido possui frequências menores. Pode-se também observar que, a rigidez influencia na frequência obtida, pois quanto mais rígido o objeto de estudo, maiores são as frequências.

Nota-se que, as linhas têm o mesmo comportamento nos modos 1 e 2, e a partir do 2 para o 3, elas começam a se separar. Do modo 3

ao 6, as frequências de B1 são 16,34% menores que A1, o comportamento entre A2 e B2 é similar, com valor de 16,33%, e A3 e B3 com 16,34%. Observando-se os comportamentos de A e C, nota-se que, A1 é menor que C1 em 14,02%, A2 e C2 possuem similaridade com A1 e C1, com valor de 14,03%, e A3 sendo 14,01% menor que C3.

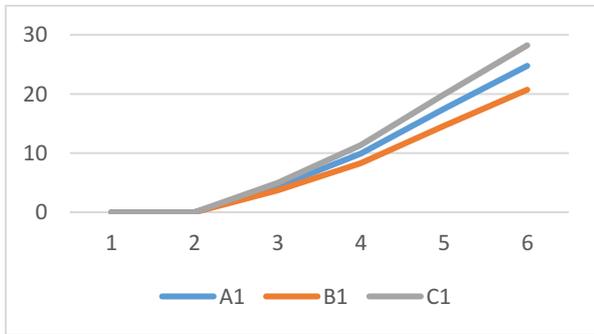


Figura 4. Comparativo das frequências (Hz) em 1.

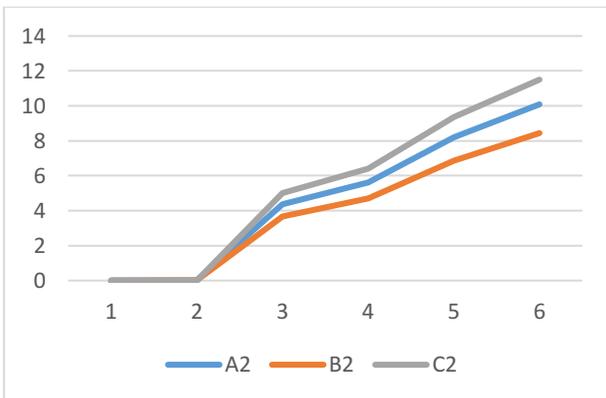


Figura 5. Comparativo das frequências (Hz) em 2.

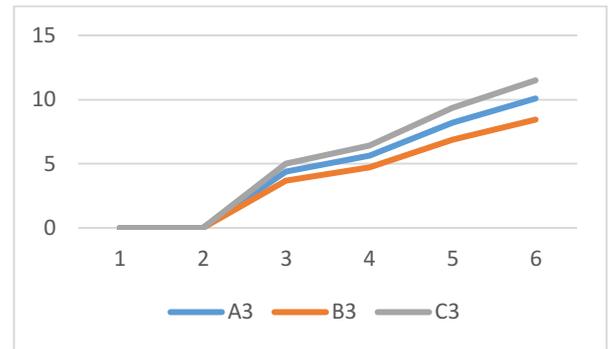


Figura 6. Comparativo das frequências em 3.

Quando se compara as deformações mínimas, nota-se valores muito pequenos. Percebe-se também que, os modos 1 e 2 possuem frequências nula ou muito baixa em todas as combinações, contrapondo as deformações que não são mínimas, sendo mínimas nos modos 3 e 4. Ainda em relação as deformações mínimas, nota-se um padrão nos valores de A, B e C nos modos de vibração 3, 4 e 5, pois nas as combinações de mesma estrutura, possuem o mesmo valor.

Tabela 1. Deformação mínima no Modo 1

Estrutura	Frequência	Deformação mínima
A1	0	7,66E-04m
A2	4,52E-06	4,65E-06m
A3	0	1,10E-03m
B1	0	3,83E-04m
B2	0	2,76E-06m
B3	8,18E-06	1,55E-06m
C1	0	5,19E-04m
C2	0	6,74E-07m
C3	0	1,38E-05m

Tabela 2. Deformação mínima no Modo 2

Estrutura	Frequência	Deformação mínima
A1	1,0002 e-005	6,40E-04m
A2	1,08E-05	1,25E-03m
A3	0,00E+00	2,22E-04m
B1	4,13E-06	1,01E-03m
B2	6,42E-06	1,24E-03m
B3	1,33E-05	1,21E-03m
C1	5,74E-06	8,83E-04m
C2	0,00E+00	1,24E-03m
C3	1,75E-05	1,24E-03m

Tabela 3. Deformação mínima no Modo 3

Estrutura	Frequência	Deformação mínima
A1	4,3786	9,6651E-07m
A2	4,3804	4,4906E-09m
A3	4,3801	1,7138E-09m
B1	3,6634	9,6651E-07m
B2	3,6649	4,4906E-09m
B3	3,6646	1,7138E-09m
C1	4,9923	9,6651E-07m
C2	4,9944	4,4906E-09m
C3	4,994	1,7138E-09m

Tabela 4. Deformação mínima no Modo 4

Estrutura	Frequência	Deformação mínima
A1	9,9355	9,2626E-15m
A2	5,6193	1,2728E-07m
A3	5,6167	1,5271E-07m
B1	8,3126	9,7137E-15m
B2	4,7014	1,2728E-07m
B3	4,6992	1,5271E-07m
C1	11,328	8,627E-15m
C2	6,407	1,2728E-07m
C3	6,404	1,5271E-07m

Tabela 5. Deformação mínima no Modo 5

Estrutura	Frequência	Deformação mínima
A1	17,462	8,5479E-06m
A2	8,2068	1,2228E-07m
A3	8,1982	1,287E-07m
B1	14,61	8,5479E-06m
B2	6,8663	1,2228E-07m
B3	6,8591	1,287E-07m
C1	19,91	8,5479E-06m
C2	9,3572	1,2228E-07m
C3	9,3474	1,287E-7m

Tabela 6. Deformação mínima no Modo 6

Estrutura	Frequência	Deformação mínima
A1	24,766	1,8183E-13m
A2	10,088	4,9211E-16m
A3	10,087	2,2253E-16m
B1	20,72	1,8251E-13m
B2	8,4406	1,1492E-15m
B3	8,439	4,7808E-15m
C1	28,237	1,8037E-013m
C2	11,503	2,8894E-016m
C3	11,5	4,5487E-16m

Nas Figuras 7, 8 e 9 observa-se o comparativo das deformações de mesma elasticidade e modelo estrutural diferente, observando-se os maiores valores na estrutura 1.

Nota-se que a partir do modo 3, as estruturas 2 e 3 mantém o mesmo valor de deformação máxima nos 3 módulos de elasticidade. E verificando os modos 1 e 2 nos módulos B e C, percebe-se que os valores também são muito próximos.

No modo de vibração 1, comparando as 3 estruturas entre si, observa-se que as estruturas A2 e A3 possuem as deformações máximas 36,6 e 57,06% menores que a estrutura A1, respectivamente. Quando comparado as estruturas 2 e 3, nota-se que A3 é 32,27% menor que A2. No modo de vibração 2, pode-se observar que A2 possui a menor deformação máxima quando comparado as outras estruturas, sendo 63,56% menor que A1 e 40% que A3. E a diferença entre A1 e A3 é de 39,27%.

No modo 3, as estruturas 2 e 3 se comportam de maneira igual, diferindo 42,41% ambos de A1. No modo 4, nota-se que A1 possui a maior deformação em relação aos outros modos, e quando compara-se com as outras estruturas no mesmo modo, constata-se que A2 e A3 são 55,87% menores que A1.

No quinto modo de vibração, tem-se a menor diferença entre A1 e as estruturas A2 e A3, sendo 2 e 3 apenas 16,52% menores que 1. Em relação ao sexto modo de vibração, as deformações máximas de A2 e A3 são 39,73% de A1.

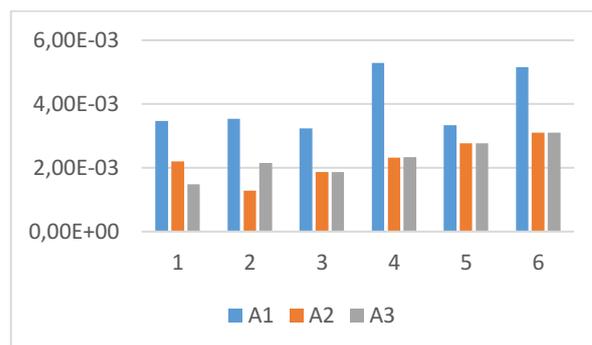


Figura 7. Comparativo das deformações máximas em A.

Observando o gráfico da Figura 8, percebe-se que nos modos 1 e 2, as estruturas B2 e B3 também se comportam de maneira similar, assim como observa-se no gráfico da Figura 7 a partir do modo 3. Fazendo o comparativo das estruturas, partindo do modo 1, observa-se que B2 e B3 são menores 33,73% que B1. No modo de vibração 2, os valores de B2 e B3 possuem uma pequena diferença, mas que quando comparados a B1 torna-se mais visível, pois B2 é 64,21% menor que B1 e B3 63,39% menor.

No modo 3, B1 possui o menor valor quando comparado aos demais modos, porém se comparado com as estruturas de mesmo modo a diferença é apenas de 42,41%. Já no modo 4, a estrutura B1 apresenta o maior valor, representando 56,06% de diferença com B2 e B3. O modo 5, tem a menor diferença entre as estruturas, sendo de 16,52% entre B1 com B2 e B3. O sexto modo de vibração, apresenta o mesmo valor no mesmo modo, porém com a elasticidade diferente, ou seja, 39,73% entre B1 e B2 e B3.

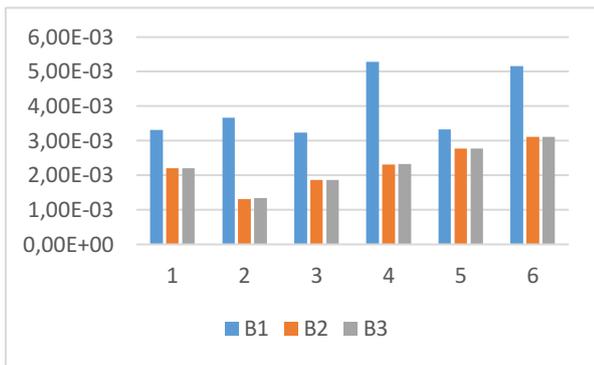


Figura 8. Comparativo das deformações máximas em B.

Verificando de quanto são as diferenças da estrutura 1 para as estruturas 2 e 3, percebe-se que não existe um padrão, já que varia as deformações e valores de acordo com o modo de vibração. No modo 1, as estruturas 2 e 3 apresentam deformação máxima 39,06% menores que a estrutura 1. Os modos com maior diferença em relação a estrutura 1 e as demais, são o 2, com 61,76%, e o modo 4, com 56,06%. O modo 3 apresenta as estruturas 2 e 3 42,41% menor que a estrutura 1.

Já o modo 5 tem a menor diferença entre as estruturas, sendo as estruturas 2 e 3 apenas 16,52% menores que a estrutura 1. O sexto modo de vibração, apresenta os modelos 2 e 3 como sendo 39,73% menores que a estrutura 1.

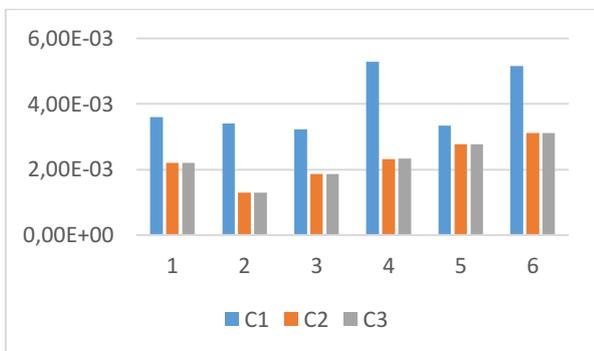


Figura 9. Comparativo das deformações máximas em C.

Quando analisado os módulos de elasticidade, ou seja, mesmo modelo estrutural e diferentes elasticidades, pode-se observar nas figuras 10, 11 e 12 que os modos 3, 4, 5 e 6 as deformações permanecem iguais nos 3 modelos. Mas mesmo quando são diferentes, ou seja, modos 1 e 2, os valores são bem próximos.

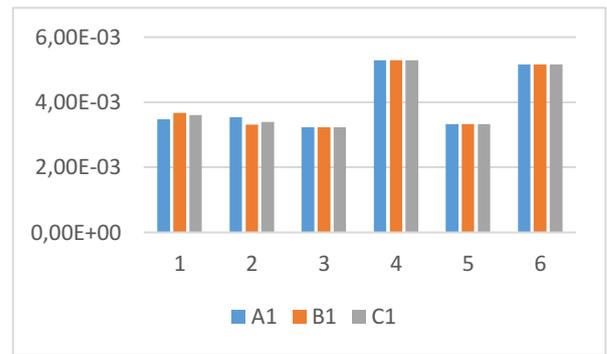


Figura 10. Comparativo das deformações máximas em 1.

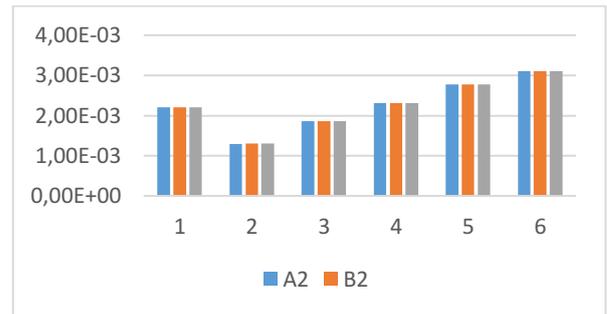


Figura 11. Comparativo das deformações máximas em 2.

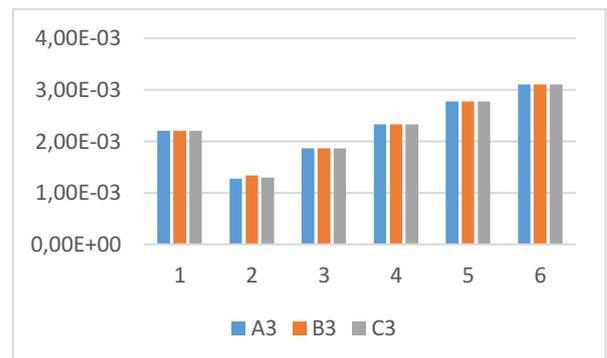


Figura 12. Comparativo das deformações máximas em 3.

Após analisar as frequências nos modelos desenvolvidos nesse estudo e comparando com o estudo de Simões (2014), verifica-se que as vibrações podem causar desconforto em seus usuários, porém vários fatores influenciam no desconforto de uma pessoa, sendo alguns deles, as características da vibração (magnitude, frequência e direção), sua duração, a posição na qual a vibração entra em contato com o corpo, as características físicas das pessoas (como peso e transmissibilidade), a idade, além de atributos psicológicos, que não foram considerados nesse trabalho.

Ao verificar os dados obtidos nas análises modais e comparados com as informações apresentadas por Simões (2014), listou-se como essas frequências poderiam influenciar nos

usuários que estivessem em contato direto com a ponte, através de suas extremidades, no caso os pés. Cabe salientar que, se o indivíduo estiver em um automóvel, existe a interação entre usuário, veículo e amortecedores para com a ponte, alterando estes modos de vibração que serão passados para os usuários, não sendo objeto desse estudo.

Os incômodos podem começar mesmo em frequências muito baixas (<1Hz), percebidos em todos os materiais e estruturas, presentes nos modos de vibração 1 e 2. Um organismo sujeito a essas vibrações podem ser afetadas no labirinto do ouvido esquerdo, ter o sistema nervoso central perturbado e pode produzir náuseas e vômitos.

As frequências expostas nos modos 3 a 5, e na maioria das estruturas do modo 6, estão entre 1 e 20 Hz. Essas frequências podem afetar os ombros (4-5 Hz), braço (5-10 Hz), abdômen (4-8 Hz), a coluna vertebral (10-12 Hz) e a perna estando rígida (20Hz). A exposição a essas frequências pode agravar lesões raquidianas menores e incidem sobre perturbações devidas a má postura, patologias diversas ao nível da coluna vertebral (lombalgias, lombalgias, hérnias), sintomas neurológicos (variação do ritmo cerebral, dificuldade de equilíbrio, inibição de reflexos).

Vibrações com frequências acima de 20 Hz, exibidas no modo 6 nas estruturas A1 (24,766Hz), B1 (20,72Hz) e C1 (28,237Hz). Verificando os incômodos que podem aparecer com a exposição a frequências acima de 20 Hz nota-se que já é possível sentir na cabeça (20-30 Hz), olhos (20-90 Hz) e antebraço (15-30 Hz).

Para minimizar esses efeitos, pode-se melhorar o amortecimento das estruturas ou variar a rigidez e a massa das estruturas, pois assim, a dissipação e transmissibilidade de energia das estruturas pode ser aprimorada.

Conclusão

Através desta análise obteve-se numericamente os valores, em seis modos de vibração, de frequência e as deformações máximas e mínimas para cada estrutura criada. Observou-se também como cada modo agiu na estrutura mesmo sem ações externas, ou seja, em sua frequência natural.

Percebeu-se que, os modos 1 e 2 possuíam frequências nulas ou muito baixas em todas as combinações, contrapondo as deformações que não são mínimas, sendo mínimas nos modos 3 e 4. Ainda em relação as deformações mínimas, notou-se um padrão nos valores de A, B e C nos

modos de vibração 3, 4 e 5, pois as combinações de mesma estrutura possuíam o mesmo valor.

Sobre as deformações máximas, quando comparado as estruturas de mesma elasticidade, observou-se que as estruturas 1 possuíam os maiores valores por modo, sendo no modo 4 a maior diferença em relação as outras estruturas, e o modo 5 a menor diferença. Nota-se também que, as estruturas 2 e 3 possuíam as deformações máximas semelhantes.

Quando comparado as deformações máximas pelos módulos de elasticidade, mantendo a mesma estrutura, notou-se que todos os modelos estruturais possuíam a mesma deformação independente da rigidez.

Quanto ao feito o comparativo das estruturas, mantendo o mesmo módulo de elasticidade, para verificar as frequências por modo de vibração, observou-se que a partir do modo de vibração 3, o modelo estrutural 1 possuía frequências maiores e que os modelos 2 e 3 se comportaram de maneira igual nos gráficos. Mas quando se mantém o modelo estrutural e altera a rigidez do material, notou-se que quanto mais rígidos maiores são as frequências.

Analisando o estudo de Simões (2014) e aplicando as frequências obtidas através da análise modal, percebeu-se que algumas frequências podem causar desconforto aos usuários. Os limites aceitáveis de vibração para o homem são amplamente discutíveis uma vez que, dependem de muitas variáveis e a sensibilidade as vibrações é um tanto quanto subjetiva, variando de pessoa para pessoa e com o ambiente onde ocorre a vibração.

Verificando a relação entre as frequências obtidas dos modos de vibrações com as nove combinações, notou-se que o intervalo de frequências de 1 a 20 Hz é o mais observado dentre todas elas, representando 61,11% das frequências, podendo afetar com maior intensidade os ombros, o braço, o abdômen, a coluna vertebral, e a perna estando rígida. O intervalo de frequências menores que 1 Hz, representando 33,33% das frequências obtidas, foi observado nos modos de vibração 1 e 2, e pode afetar o labirinto do ouvido esquerdo, ter o sistema nervoso central perturbado e pode produzir náuseas e vômitos. O menor intervalo de frequências, sendo 5,56%, está acima de 20Hz apresenta que é possível sentir mal-estar na cabeça, nos olhos e no antebraço.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7187: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NR 15: Atividades e Operações insalubres.
- Norma Europeia. Eurocode 1: Ações em estruturas - Parte 2: cargas de tráfego em pontes, 2003.
- ABREU, E. M. S. Dimensionamento de sistemas de controle de vibrações para pontes pedonais. 153f. Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Porto, 2008.
- ALMEIDA, M. T. de. Vibrações mecânicas para engenheiros. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1990. 446p.
- ALBUQUERQUE, F. S. C.; KRAMAR, W. F. Análise do comportamento estrutural de uma ponte ferroviária de concreto armado submetida a esforços de natureza dinâmica. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.
- ASSUNÇÃO, T. M. R. C. Considerações sobre efeitos dinâmicos e carregamentos induzidos por fontes de excitação em estruturas industriais. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- BRANGANÇA, T. Vibração. 2018. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Vibra%C3%A7%C3%A3o&action=history>>. Acesso em: 20 maio 2019.
- CARNEIRO, R. B. Controle de vibrações em edifícios altos utilizando amortecedor de massa sintonizado múltiplo (AMSM). 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Brasília. Brasília, 2004.
- COLAVITE, A. S.; KONISHI, F. A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. In: Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia, 12, 2015, Resende. Anais.... Resende, 2015.
- CUTNELL, J. D.; JOHNSON, K. W. Movimento harmônico simples e elasticidade. In: Física v.1. 6.a Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. p.292-327.
- DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de projeto de obras-de-arte especiais. Rio de Janeiro, 1996.
- FILHO, F.; NEME, W. Avaliação dos coeficientes de impacto utilizados no cálculo de pontes rodoviárias via análise dinâmica de estruturas. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2008.
- HIBBELER, R. C. Vibrações. In: Dinâmica: Mecânica para engenharia. 10a Ed. São Paulo: Person Education do Brasil, 2009. p.496-520.
- KLINSKY, G. E. R. G. Uma contribuição ao estudo das pontes em vigas mistas. 232f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.
- KÜSTER, L. D.; SARTORTI, A. L. Análise dinâmica de estruturas de concreto: Avaliação de três sistemas construtivos de lajes. Teoria e Prática na Engenharia Civil, v.18, p.13-22, 2011.
- LANÇA, J. P. B. Análise dinâmica de pontes para ferrovias de alta velocidade de acordo com o eurocódigo 1 - parte 2, estudo de caso prático. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Politécnico de Setúbal. Universidade do Algarve. Setúbal, 2016.
- LEME, L. M. M. Estudo comparativo de técnicas de análise modal experimental no domínio da frequência em uma barra na condição de contorno livre-livre. 88f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.
- LEONHARDT, F. Construções de concreto: princípios básicos da construção de pontes de concreto. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.
- LIMA, G. V. F. Análise dinâmica via método dos elementos finitos do estádio nacional de Brasília. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Brasília. Brasília, 2013.
- LUCHI, L. A. R. Reavaliação do trem-tipo à luz das cargas reais nas rodovias brasileiras. 282f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- MARCHETTI, O. Pontes de Concreto Armado. Editora Blücher. São Paulo, 2008. 248p.

- MARINHO, I. J. P. Projeto ótimo de estruturas metálicas de arquivancadas reutilizáveis via ANSYS. 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Técnico Científico. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002.
- MEDEIROS, S. P. Análise dinâmica – CAD/TQS. TQS News. v.1, n.16, p.14-17, 2002. http://www.tqs.com.br/tqs-news/download-do-tqs-news/doc_download/134-no-48-setembro19. Acesso em: novembro de 2019.
- PEREIRA, L. E.; SCOLARO, T. P. Análise comparativa entre projetos de pontes de diferentes materiais com vistas à construção sustentável. 95f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Pará. Pato Branco, 2017.
- SARAMAGO, G. A.; SANTOS, S. H. de C.; PERLINGEIRO, M. S. P. L. Análise dinâmica de passarelas. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 10, 2018, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2018.
- SANTOS, E. F. dos. Análise e redução de vibrações em pontes rodoviárias. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.
- SANTOS, M. E. dos; LEITE, E. C. C. Ferramenta computacional para análise dos efeitos dinâmicos introduzidos por atividades humanas em lajes nervuradas unidirecionais de concreto. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 10, 2018, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2018.
- SCHWARZ, B. J.; RICHARDSON, M. H. Experimental modal analysis. In: CSI Reliability Week, 1999, Jamestown. Anais...Jamestown, Califórnia, 1999.
- SILVA, P. F. DA. BRITO, M. A. N. DE; SANTOS, I. C. E; SILVA, R. S. Y. C.; SOBRINHO, B. E. Efeitos da Mudança da NBR 7188:2013 nos Projetos de Pontes. Estudo de Caso: Projeto de Recuperação da Ponte sobre o Rio Correias na BR 101/SC. In: Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 7, 2014, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 2014.
- SILVA, J. G. S. da. Apostila de Dinâmica Estrutural I. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Engenharia. Rio de Janeiro – RJ, 2013.
- SIMÕES, S. C. D. Ruído e vibrações no corpo humano: avaliação de ruído e vibrações - LAUAK PORTUGUESA – Indústria Aeronáutica, LDA. 83f. Dissertação (Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho). Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. Instituto Politécnico de Setúbal. Setúbal, 2014.
- TIMERMAN, J.; BEIER, M. Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. São Paulo: ABECE, 2012. 56 slides, color. Disponível em: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB803_Pontes%20I/Nova%20NBR7188.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- VITÓRIO, J. A. P. Pontes rodoviárias – fundamentos, conservação e gestão. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Pernambuco. Recife, 2002. 140p.
- WARMLING, G. M. B.; LEONARDI, G. Estudo da superestrutura de uma ponte com solução em concreto armado e solução mista. 165f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Capítulo 14

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITORAMENTO DE PRODUTOS ARMAZENADOS EM SILOS
(SimSilo)**

Gypson Dutra Junqueira Ayres¹
José Wallace Barbosa do Nascimento²
Paulo Roberto Megna Francisco³

¹Msc. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fgypsond@gmail.com

²Dr. Prof. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, wallacebosa@hotmail.com

³Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

Introdução

A agroindústria brasileira cresceu de forma acentuada nos últimos anos, garantindo ao país o destaque mundial, como reflexo da produção. O êxito da avicultura depende, basicamente, do fornecimento de uma alimentação balanceada, em todas as etapas de crescimento, para garantir uma boa conversão alimentar (NASCIMENTO, 1996). Os silos são utilizados em larga escala em fábricas de ração, por se tratar de estruturas que garantem, se bem projetadas, a qualidade do produto durante bom tempo e além de facilitar o processo de sua distribuição (NÓBREGA & NASCIMENTO, 2005).

Armazenamento em silos ou em armazéns equipados com sistemas eficientes para manutenção da qualidade dos grãos, como recursos de termometria, são as formas mais empregadas por cooperativas, agroindústrias e grandes produtores. Se bem dimensionados e manejados corretamente, esses sistemas podem ser empregados também por médios e pequenos produtores (ELIAS, 2003).

De acordo com Silva (2000), os principais fatores que interferem na qualidade dos grãos durante a armazenagem são a temperatura e o teor de água dos mesmos, e estão relacionados com a respiração do produto e a presença de microrganismos.

Silva (2005) afirma que, em uma armazenagem eficiente, procura-se manter o silo com um teor de umidade baixo, normalmente entre 10 a 13%, e caso o teor de umidade estiver alto, torna-se propício para o desenvolvimento de fungos, insetos, entre outras pragas. Para combater estes problemas naturais que afetam os grãos armazenados, os silos possuem algumas tecnologias, como, por exemplo, secagem e aeração.

O armazenamento bem-sucedido de grãos depende do controle das variáveis físicas, químicas e biológicas de fontes externas e internas. Uma das principais variáveis a ser

controlada é a temperatura, que por falta do controle pode facilitar condições para que variáveis biológicas externas (fungos, bactérias, insetos entre outros) se instalem dentro do mesmo. Outro fator causado pelo aumento da temperatura é o aumento da taxa de respiração do grão, fazendo com que se deteriore e libere CO₂ dentro do silo (FARONI, 1998).

Nóbrega e Nascimento (2005) afirmam que de acordo com Rotter (1998), existe a preocupação de muitos pesquisadores em desenvolver trabalhos experimentais que simulem, através de protótipos ou de modelos reduzidos, as formas mais desfavoráveis que ocorrem durante o armazenamento, para que se possa desenvolver silos que não acarretem problemas de fluxo. Geralmente, os testes são realizados em escala reduzida, não gerando adversidade quando a situação é convertida para prática. Os modelos reduzidos são muito utilizados devido ao baixo custo e permitem que se multipliquem todos os parâmetros que influenciam na descarga do silo, na situação real (GARNIER, 1998).

A produção de grãos vem crescendo cada vez mais, fazendo com que, os produtores busquem métodos para conservar de forma eficaz o produto estocado. A tecnologia cresce em várias atividades da indústria, principalmente na atividade agrícola e com isso força a mudança de comportamento dos produtores para se adequarem no mercado está cada vez mais afinando.

Dada a necessidade de um melhor monitoramento e controle de ambiência nos silos, inclusive de modo remoto, o conceito de Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), é uma solução promissora, possibilitando o monitoramento e gerenciamento remoto de tarefas à distância. A IoT redefine a maneira como interagimos com o mundo físico e viabiliza formas através do uso de técnicas computacionais de empreender, fazer negócios,

gerenciar infraestrutura pública, prover segurança e organizar a vida das pessoas (ALMEIDA, 2018).

Aplicações da agricultura inteligente baseada em IoT, podem ser novos impulsos para a agricultura biológica, agricultura familiar; a agricultura inteligente baseada em IoT pode assim oferecer importantes benefícios, como melhor tratamento de insumos, uso mais racional da água, etc. (BURANELLO, 2017).

Quando o monitoramento e o controle de um processo são feitos por meio de um sistema supervisorio, segundo Coelho (2009), o processamento das variáveis de campo é mais rápido e eficiente. Um incidente no processo pode ser rapidamente detectado e mudanças nos *setpoints* são imediatamente providenciadas pelo sistema, estabilizando a situação.

Atualmente existem no mercado diversos softwares voltados para o desenvolvimento de sistemas supervisorios, com o intuito de auxiliar o projetista na criação de sistemas com diversas telas e dados na forma gráfica (MAESTRELLI & NAPOLEÃO, 2018).

O aplicativo Blynk surge como proposta integradora de plataformas a serem conectadas entre o mundo físico e o digital (ROCHA, 2018). O Blynk foi um projeto desenvolvido pela Massachusetts Institute of Technology (MIT), com a finalidade de contribuir para o ensino e promover a aderência de mais pessoas para o conceito de Internet das Coisas. O Blynk é uma plataforma desenvolvida para iOS e Android para controlar Arduino, Raspberry Pi e outros dispositivos através da internet de uma forma simplificada (DIÓGENES, 2019).

Esta pesquisa objetiva através da instrumentação, da implantação de sensores e de microcontroladores de baixo custo em silos para grãos, desenvolver um aplicativo para auxiliar o produtor na tomada de decisão gerencial de seu negócio.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LACRA) do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus de Campina Grande.

Neste trabalho foi construído um silo metálico protótipo armazenador de ração com o objetivo de testar o funcionamento dos sensores e o grau de confiabilidade e a resposta do mesmo. O material utilizado na fabricação foi o zinco liso. Para a construção do silo foram

utilizadas as dimensões de 83 cm de altura, sendo 42 cm de montante e 41 cm de corpo do silo, e 30 cm de diâmetro, com uma tremonha (seção cônica confeccionada em aço zincado de espessura nominal de 1,2 mm), com inclinação de 45°, e entre o corpo do silo, e a tremonha foi conectada uma extensão emborrachada que desobstrui caso haja a possível formação de arcos coesivos, onde a desobstrução foi montada utilizando-se um motor vibratório de baixa rotação.

O silo foi composto por três montantes que realizaram o apoio sobre uma base onde encontram-se as células de carga. A base teve a forma anelar achatada, tendo quatro suportes com a finalidade de absorverem o peso e fornecer estabilidade ao silo. Na base foram instaladas 3 células de cargas tipo A0455 de 20 kg cada, estando a mesma conectada ao sistema de aquisição de dados, permitindo obter assim, a variação da massa de sólido no interior do silo ao longo do tempo.

Para a aquisição de dados de umidade, temperatura, gases, carga e movimento utilizou-se da instalação de sensores no silo. Como uma das funções do silo protótipo é diagnosticar a termometria em grãos armazenados, neste procedimento realizou-se instalação dos sensores de temperatura e umidade na parte externa do silo, para captar os dados de temperatura foram utilizados o modelo AM2302 DHT22 que permite fazer leituras de temperaturas entre -40 a +80°C e umidade entre 0 e 100%, que é formado por um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar ao redor. A instalação dos sensores de umidade foi disposta ao longo do silo em camadas verticais. Foram instalados sensores de temperatura no exterior do silo em 1 linha.

Na parte interna do silo protótipo foi instalado os sensores de temperatura modelo DS18B20 à prova d'água, que permite funções similares de um termostato, podendo controlar equipamentos de acordo com a temperatura. É um sensor preciso ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) e proporciona leituras de temperatura de até 12-bits. Na parte interna optou-se por usar este sensor, pois não sofre interferência e pode ser ligado em série. A instalação dos sensores de temperatura e umidade foi disposta ao longo do silo em camadas verticais. Foram instalados sensores de temperatura no interior do silo em 1 linha.

Para detectar os gases tóxicos foi instalado na parte interna superior o sensor de Gás MQ-135 que é um módulo capaz de detectar vários tipos de gases. O MQ-135 pode detectar

concentrações na faixa de 100 a 10.000 ppm. Onde basicamente, o sensor possui duas saídas, uma analógica que retorna uma tensão proporcional ao nível do gás ou fumaça no ambiente, e outra digital que indica a presença, ou não, de gás ou fumaça. A sensibilidade do sensor foi ajustada por meio de um pequeno *trimpot* presente na placa do microcontrolador Arduino.

Partindo do princípio que uma detecção positiva indica que existem grãos no silo, basta saber sua localização para estimar a altura da coluna de grãos. Para tal, na parte interna superior do silo protótipo, foi instalado um sensor ultrassônico modelo HC-SR04 para medir o nível e informar para o sistema quando o mesmo alcança o nível crítico tanto superior quanto o inferior. O Sensor de Distância é capaz de medir distâncias de 2 a 4 m com ótima precisão. Este módulo possui um circuito pronto com emissor e receptor acoplados e 4 pinos para medição. Para a medição foi necessário alimentar o módulo e colocar o pino Trigger em nível alto por mais de 10us. Onde a onda sonora que, ao encontrar um obstáculo, rebateu de volta em direção ao módulo. Sendo realizado o cálculo da distância através da Equação 1.

$$\text{Distância} = (\text{Tempo ECHO em nível alto} * \text{Velocidade do Som})/2 \text{ (Eq.1)}$$

Onde: velocidade do som igual a 340 m/s.

Na fórmula, a divisão por 2 deve-se ao fato de que a onda é enviada e rebatida, ou seja, ela percorre 2 vezes a distância procurada. Sendo usado apenas para detectar presença, o sensor não tem seu funcionamento modificado, basta determinar um limiar máximo para o tempo de reflexão, e tudo que for maior que esse valor representa que não há grãos.

Para medir o nível de carga do silo foi instalado na base anelar 3 células de carga de 20kg cada do modelo A0455 e um amplificador de sinal modelo HX711 ADC 24 Bits, sendo afixado em cada extremidade uma esfera para realizar a distribuição do peso do silo, e facilitar a identificação de sobrecargas em cada montante. Devido o sinal emitido pela célula do Sensor de Peso – Célula de Carga – 20kg ser baixo, foi necessário o uso do módulo HX711 ADC 24 Bits como amplificador de sinal fazendo a interligação entre essas células e o microcontrolador. Após foi necessário a calibração das células de carga. Este procedimento trata de uma série de medições que estabelecem a relação precisa entre os

indicadores de seu aparelho e os valores reais de medição. Foi realizada utilizando uma biblioteca do Arduino do amplificador HX711, onde foi feito a leitura das células sem o peso e anotado o valor, logo após foi colocado um peso conhecido e obtido outro valor. A relação entre os dois valores foi utilizada como fator de calibração.

Os circuitos e componentes eletrônicos que compõem as unidades transmissora e receptora foram implementados no que se denomina matriz de contatos ou *prototype board*, que proporciona flexibilidade na adição de componentes eletrônicos, bem como na disposição das trilhas de contatos entre esses componentes. Em um *prototype board* não há soldagem dos elementos inseridos, pois sua utilização se configura somente na fase experimental de um projeto eletrônico.

Foi instalado um motor AC que acionado cada vez que a abertura do orifício da tremonha é aberta com o intuito de impedir a formação de arcos coesivos que impedem a passagem do produto armazenado.

Esta pesquisa foi realizada sendo utilizado programa na linguagem c++ utilizando o Arduino. Para construir o *firmware* (programa computacional de baixo nível) que foi gravado no Arduino para interagir com os sensores de temperatura, foram usadas as bibliotecas *Dallastemperature*. Com adaptações na codificação múltipla encontrada na biblioteca dos exemplos, foi possível estabelecer a comunicação entre os cinco sensores e o Arduino.

Como software supervisor foi utilizado o Blynk, um aplicativo para tablets e smartphones que permite fazer vários tipos de projetos para monitoramento e o serial monitor da IDE do Arduino. No Blynk foram colocados *displays* do tipo gauge para monitorar os sensores de temperaturas e um *display* do tipo *superchart* para armazenar os dados recolhidos em períodos de tempo que variam de no mesmo instante (live), até um ano.

A visualização e controle de informações foram feitas através de um aplicativo para smartphones. Para a construção do aplicativo foi utilizada a plataforma Blynk®, desenvolvida para iOS e Android para controlar placas de desenvolvimento como o Arduino, Raspberry Pi, NodeMCU e outros dispositivos através da Internet. A plataforma consiste em um painel digital onde é possível construir uma interface gráfica para projetos, o Blynk® possui um servidor gratuito para o envio e recebimento de

informações, porém, neste trabalho o servidor utilizado foi a rede local.

O monitoramento de temperatura do sensor teve seus dados armazenados no Blynk e transformados em gráficos de variação de temperatura, umidade, gases, carga e nível de grãos no silo.

Para realizar a comunicação entre os sensores de temperatura, umidade, gases, carga e de nível e o Arduino, foi utilizado o APP Blynk e microcontrolador utilizado para a conexão entre o dispositivo e o sistema wi-fi foi o módulo ESP32 DEVKIT V1.

O processo de validação do sistema, foi composto por testes, com o objetivo de avaliar o envio remoto para o aplicativo. Esses testes tiveram como objetivo comum a captura dos valores e com isso ser possível gerar gráficos com o propósito de análise do monitoramento e comparação de resultados.

Para isto, as células de carga foram calibradas antes da montagem para registrar o valor exato sem precisar da função Tara, onde colocou-se o silo sobre uma base e foram realizadas várias leituras do sensor com o silo vazio no início da tremonha, no meio e totalmente cheio, onde foi conferido com uma balança de precisão e após conferido os valores

e a representação gráfica no APP.

No fluxograma (Figura 1) observa-se os passos metodológicos utilizados para a realização deste trabalho.

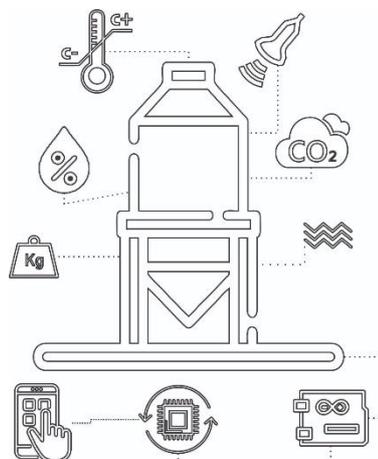


Figura 1. Fluxograma simplificado das etapas de trabalho.

Resultados e Discussão

Nas Figuras 2a e 2b observa-se o protótipo do silo desenvolvido, seus sensores instalados, e o sistema de conexão de dados com o módulo microcontrolador.



Figura 2. Silo protótipo, A) vista frontal; B) vista superior.

Nos testes realizados utilizando o silo protótipo obteve-se resultados satisfatórios, pois o mesmo em sua estrutura, comportou-se com estabilidade fornecendo adequadamente os dados captados pelos sensores.

Bandeira et al. (1999), ao analisarem o comportamento do fluxo de ração avícola e farelo de trigo, utilizando um modelo reduzido de silo prismático, com paredes em acrílico

transparente e conformação ziguezague, concluíram que o modelo foi adequado para análise de fluxo de produtos armazenados.

Freitas (2001) em estudo teórico e experimental das pressões em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano, utilizou também um silo protótipo reduzido e obteve bons resultados.

Gomes e Calil Júnior (2005) observaram que, no uso de modelo piloto (escala pouco reduzida) pode ser empregado com vantagens para avaliação das ações e do coeficiente K, pois os resultados obtidos, foram compatíveis com os obtidos no silo horizontal em escala real. Os autores comentam que a grande vantagem da utilização de modelos reside na praticidade e economia nos ensaios. Em suas pesquisas o controle das variáveis envolvidas foi facilitado e permitiu a obtenção de resultados confiáveis.

Ferrasa (2008), utilizando protótipo para desenvolver um sistema de monitoramento de temperatura e umidade em silos graneleiros via rádio, afirma que, o protótipo pode ser considerado como uma solução tecnológica, pois o utilizado foi de baixo custo, e proporcionou comodidade de leitura remota sem necessidade do deslocamento até o silo.

Avaliando o comportamento do fluxo de partículas em modelo reduzido de silo cilíndrico e tremonhas com diferentes ângulos de inclinação, Batista (2009) obteve bons resultados em sua pesquisa.

Nascimento e Queiroz (2011), realizaram ensaios de aeração em seis silos de pequena escala, construídos a partir de tambores de óleo diesel e obtiveram resultados satisfatórios. Rigo et al. (2012) também utilizaram protótipos de silos metálicos para avaliar duas estratégias de controle e manejo da aeração na qualidade de grãos de milho e obtiveram bons resultados.

Lopes Neto e Nascimento (2013), utilizando um modelo reduzido de forma semicircular em sua pesquisa, concluíram que o mesmo se demonstrou adequado para a visualização do perfil de fluxo e das variações ocorrentes durante o fluxo.

Fank et al. (2015), utilizaram um silo protótipo com o objetivo de determinar a distribuição das cargas nas fundações dos silos que foram instrumentadas, por meio de células de carga, em quatro estacas localizadas sob o anel. A pesquisa também obteve bons resultados com o uso do silo protótipo.

Dados de umidade

Na Figura 3 pode-se observar o sensor de umidade instalado na parte exterior do silo protótipo.



Figura 3. Sensor de umidade externo.

Pelos resultados obtidos, observa-se que a umidade, não apresenta grandes variações em períodos de tempo extremamente curtos como em segundos ou poucos minutos (1 a 5 minutos) durante as análises. Isto significa que, a obtenção de dados de umidade compreendida nesses períodos, não é significativa para o processo de monitoramento instantâneo. Porém, para o monitoramento contínuo ao longo dos dias, meses ou anos, é muito significativo devido a variação da temperatura diária ao longo dos meses e estações do ano.

Portanto observa-se a devida importância destes sensores e de seu monitoramento.

Siviero (2017) monitorando via ultrassom, temperatura e umidade no armazenamento de grãos com acionamento do sistema de aeração, validou o uso do sensor DHT22 para medição de temperatura e umidade.

Conti e Wiggers (2014) concluem que, o sistema utilizado pelos autores apresentou observações referentes a umidade e temperatura ideal da cultura armazenada, como um sistema especialista, para auxílio na tomada

de decisão para que os grãos armazenados mantenham sua qualidade.

Dados de temperatura

Na Figura 4 observa-se o sensor de temperatura (cabo preto com ponta cromada) instalado na parte superior.

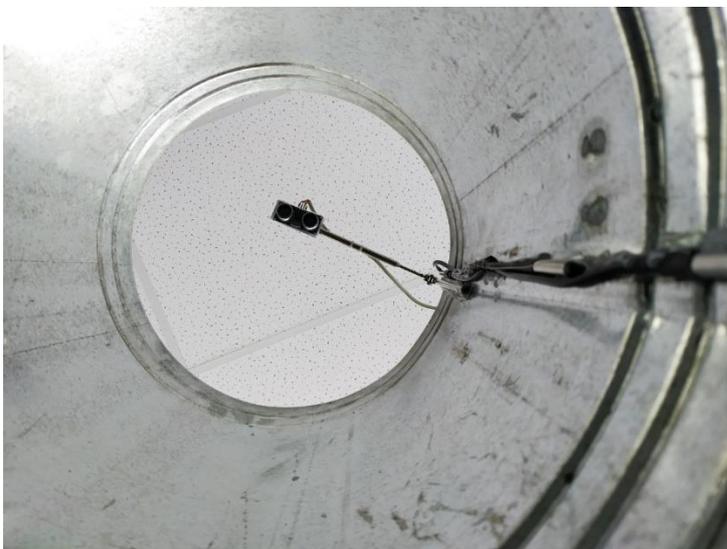


Figura 4. Sensor de temperatura (cabo preto com ponta cromada).

Bica et al. (2018), em monitoramento de temperatura com sensores eletrônicos ligados em rede utilizando a plataforma Arduino, onde foi capaz de comprovar a eficácia do trabalho, apresentando a ligação de sensores em rede e a medição de temperatura em diferentes pontos.

Ferrassa (2008) observou que, não comprometeu a função de monitoramento do sistema, pois a temperatura e a umidade principalmente no interior do silo, não apresentam variações significativas para esses curtos períodos de tempo.

Nascimento e Queiroz (2011), monitorando a temperatura de grãos em silos de pequena escala, e utilizando sensores digitais modelo DS18B20, observaram um bom desempenho na utilização, pois apresentou bons resultados nas análises, onde contataram as variações diárias da temperatura.

Martinazzo e Orlando (2016) em teste com três sensores de temperatura, coletando dados isoladamente, apresentaram bons resultados, no entanto, o sensor digital DS18B20 mostrou-se mais estável e ainda concluíram que, o sensor é possível ser utilizado em experimentos didáticos e práticos para o controle de temperatura sendo mais apropriado para aplicações em que se exija maior precisão e repetitividade.

Gomes e Calil Júnior (2005) em estudo teórico e experimental das ações em silos horizontais observaram que a temperatura externa medida próxima à parede do silo foi de 26°C e as temperaturas na massa de grãos variaram dentro de uma faixa de temperatura de 22° a 25°C.

Dados de gases

Na Figura 5 observa-se o sensor de gases instalado.

Neste trabalho observa-se que, o sensor utilizado apresenta um bom tempo de resposta e boa sensibilidade para o CO₂.

Pires (2018), em procedimento de calibração de projeto de uma unidade de monitoramento e controle ambiental, utilizando os sensores MQ4, MQ6, MQ8 e MQ-135, em seus resultados obteve o coeficiente de variação de 0,03 para todos os sensores.

Almeida (2017) utilizando sensores MQ7 e MQ8 em monitoramento dos gases existente em espaço confinado de uma unidade armazenadora de grãos, da mesma família utilizada neste estudo, observou que, o sensor utilizado possui algumas características importantes para esse tipo de aplicação, uma delas seria o tempo de resposta, imunidade eletromagnética, linearidade e sensibilidade para a detecção dos gases entre outras.

Já o sensor MQ2 utilizado por Koelln (2017) não apresentou resposta à variação da concentração de dióxido de carbono em trabalho de desenvolvimento de um sistema de monitoramento de dióxido de carbono em

espaços confinados de unidades de pré-processamento de grãos.



Figura 5. Sensor de gases.

De acordo com Kalra et al. (2016), o datasheet afirma que o MQ135 é adequado para CO₂, álcool, benzeno, NO_x, NH₃. Os autores observaram no gráfico de características de sensibilidade, que a sensibilidade geral é aproximadamente a mesma para todos os gases. Mas, como o CO₂ é o quarto gás mais abundante na atmosfera da Terra, presume-se com segurança que em uma atmosfera normal, o sensor detecta principalmente o CO₂.

Santos Júnior (2018) monitorando a temperatura e dióxido de carbono em silo piloto

utilizando Arduino e Blynk®, obteve resultados satisfatórios e concluiu a possibilidade de monitoramento automatizado.

Dados de nível de grãos

Na Figura 6 pode-se observar o sensor de nível de grãos. Por este trabalho observa-se que, o sensor de nível se apresenta eficaz para a medição da altura dos grãos no silo protótipo, não ocorrendo problemas quanto a transmissão dos dados ao microcontrolador.



Figura 6. Sensor de nível de grãos.

Siviero (2017) utilizando o mesmo sensor de ultrassom, validou em parte, pois nem sempre a presença de grãos era detectada, isso possivelmente se deveu ao fato de o sensor ter seu funcionamento prejudicado para distâncias menores que 2 cm.

Taira e Siqueira (2018), utilizando prototipagem e plataforma Arduino para um sistema de controle de nível, observaram que, os sensores de vazão e ultrassônico apresentaram ruídos durante o processo e observaram que a tendência das respostas do nível medido e calculado foi semelhante.

Schmidt et al. (2018), em pesquisa de controle de operações em secadores de grãos

comentam que, em relação ao nível de grãos, o controle automático centralizado tende a reduzir a probabilidade de erros operacionais causados pela ação humana, pois as principais decisões de atuação passam a se pautar em sequências lógicas pré-projetadas em nível de engenharia, as quais independem da vontade do operador, melhorando a qualidade do sistema sob controle.

Dados de carga

Através da Figura 7 pode-se observar os sensores de carga instalado na base juntamente com o módulo.

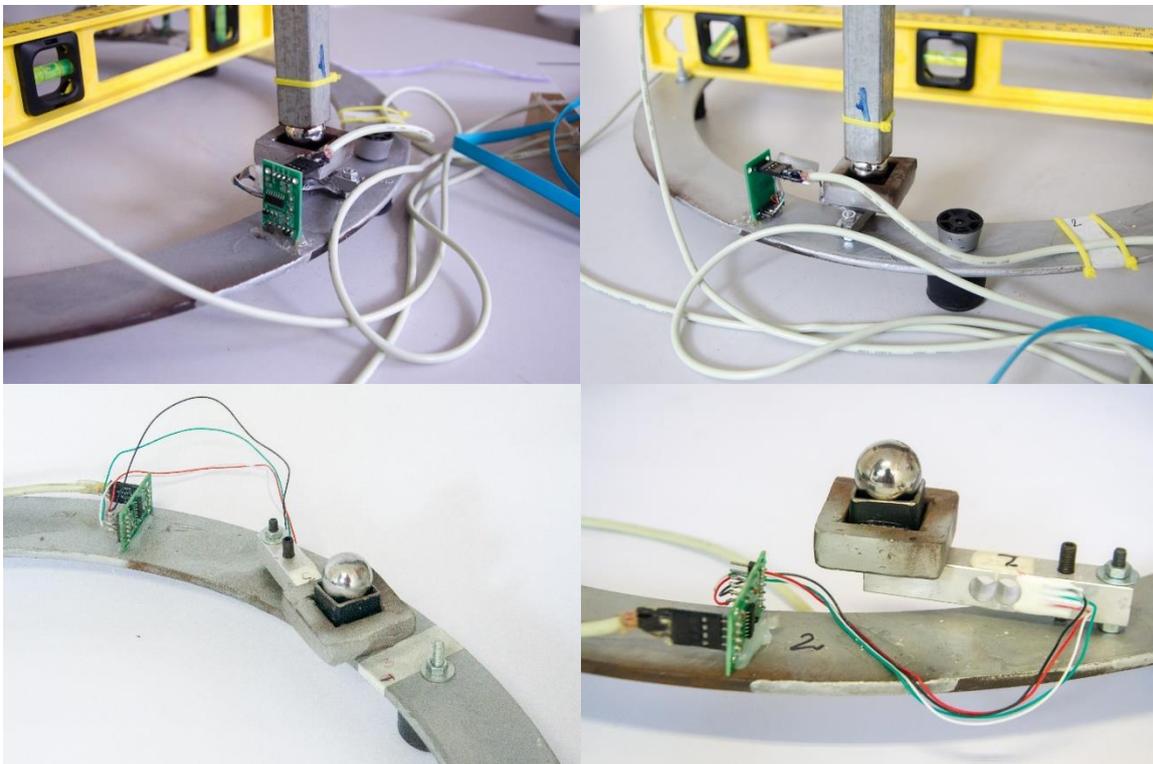


Figura 7. Sensores de carga e módulo.

Os sensores de carga apresentam boa regularidade no funcionamento demonstrando os valores de peso de acordo com o carregamento e o descarregamento. Os módulos funcionaram bem e transmitiram os dados perfeitamente.

Para Fank et al. (2015), em ensaio utilizando células de carga com capacidade de carga de 600 kN observaram que, a carga máxima lida nas células superou a carga prevista em projeto.

Com o objetivo de mensurar as forças atuantes no fundo e nas paredes dos silos durante o processo de descarregamento foram

instrumentados, por meio de células de carga e células de pressão, a parede e o fundo de um silo piloto vertical cilíndrico com fundo plano, Lopes Neto et al. (2014) obtiveram resultados compatíveis com os obtidos experimentalmente.

Batista (2009), utilizando célula de carga do tipo viga dupla em balanço com capacidade de carga de 100 kg em estudo teórico e experimental da vazão mássica e do fluxo de produtos granulares para subsidiar o projeto estrutural em silos, também conseguiu resultados satisfatórios.

Nascimento (2008), em estudo teórico e experimental da relação entre as pressões horizontais e verticais em silos elevados em instrumentação do silo piloto sob duas colunas, utilizando células de carga com capacidade de 50 kN MSI para medição da força total mobilizada pelo atrito, obteve resultados adequados para o experimento.

Silva (2002), em estudo da influência do empuxo lateral causado por grãos nas paredes de grandes silos horizontais utilizando modelo

reduzido de armazém graneleiro foi instrumentado com células de carga para medição de pressões horizontais ativas e ao repouso onde obteve valores bem aceitáveis.

Motor vibratório

Durante o descarregamento do silo nos ensaios realizados, o motor vibratório (Figura 8) executou satisfatoriamente seu objetivo quando necessário, evitando assim arcos coesivos durante os processos executados.

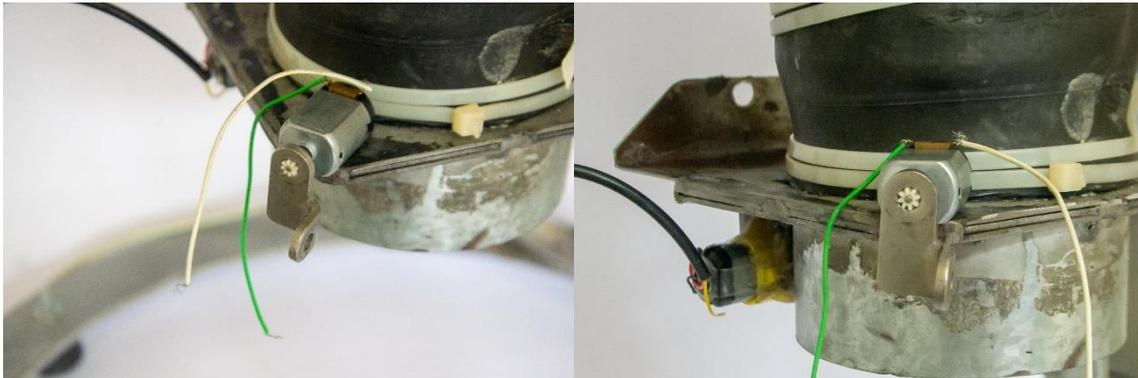


Figura 8. Motor vibratório.

Kollmann e Tomas (2002), utilizando um motor vibratório em silo protótipo com fluxo promovido por vibração de sólidos particulados coesos investigando pó de calcário e titânia, concluíram que os resultados experimentais mostraram que a força de escoamento não confinada, bem como o ângulo de atrito da parede, pode ser reduzida pela aplicação de vibração mecânica.

Lozano et al. (2012), em resultados experimentais e numéricos referentes à estabilidade de arcos contra vibrações externas, também utilizaram motor vibratório em suas análises que colaborou adequadamente com os resultados.

Gely et al. (2015), em estudo da otimização de vibração de piso vibratório no processo de esvaziamento de silo, utilizou motor vibratório e obteve bons resultados em seus ensaios.

Lozano et al. (2015), em pesquisas experimentais sobre a resistência de arcos que bloqueiam a saída de um silo bidimensional quando submetido a vibração vertical, utilizando motor vibratório, constataram a eficácia do uso da vibração para quebrar a resistência dos arcos coesivos.

Michel Haquette, em novembro de 2001 (HAQUETTE, 2001), patenteou um silo para armazenamento de produtos em pó com dispositivo vibratório onde a vibração, que

difunde o produto armazenado, permite que as partículas se desloquem uma em relação à outra e transição, portanto, do estado de atrito para o estado deslizante. O inventor afirma que essas mudanças de estado facilitam o fluxo.

Aplicativo SimpA

Na Figura 9 pode-se observar o protótipo desenvolvido, suas unidades componentes e suas interações.

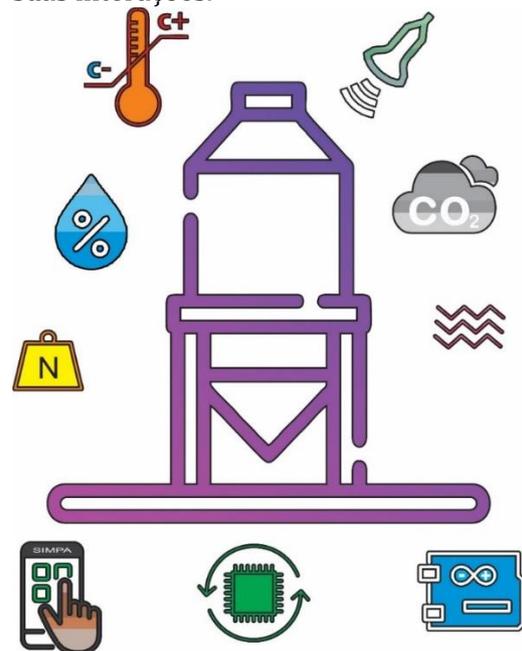


Figura 9. Sistema Integrado de Monitoramento de Produtos Armazenados em Silos (SimpA).

Na Figura 10 observa-se a temperatura no sistema de monitoramento realizando um alerta no aplicativo desenvolvido informando a temperatura inadequada na conservação dos grãos armazenados no silo.



Figura 10. Sistema de alerta de temperatura.

Durante o funcionamento do sistema as leituras são feitas e os valores de temperatura, umidade e nível de grãos armazenados passam a ser mostrados no dashboard do SimpA (Figura 11).

Neste trabalho todo o sistema de monitoramento de umidade, temperatura, gases e nível de grãos se apresentam adequados em transformar os dados obtidos em gráficos de variação. O SimpA também foi capaz de emitir alarmes sonoros e visuais quando da alteração de algum valor de temperatura dos grãos e dos gases.

Na Figura 12 pode-se observar o sistema de alerta quanto a umidade, onde é disparado pelo sistema indicando a necessidade do acionamento dos exaustores do silo.

Na Figura 13 observa-se a tela do dashboard apresentando o sistema de monitoramento de nível de grãos (cor amarela).

De acordo com Conti e Wiggers (2014), do ponto de vista experimental, o aplicativo desenvolvido atendeu às metas estabelecidas e demonstrou ser viável para uso em unidades cooperativas e aplicações computacionais na agricultura.

Pereira (2017), em trabalho de mensuração de parâmetros ambientais em galpão avícola utilizando um equipamento desenvolvido com o conceito de internet das coisas afirma que, houve eficiência nos registros

e rapidez na transmissão de dados sendo uma alternativa de baixo custo no monitoramento da temperatura, umidade e de gases.

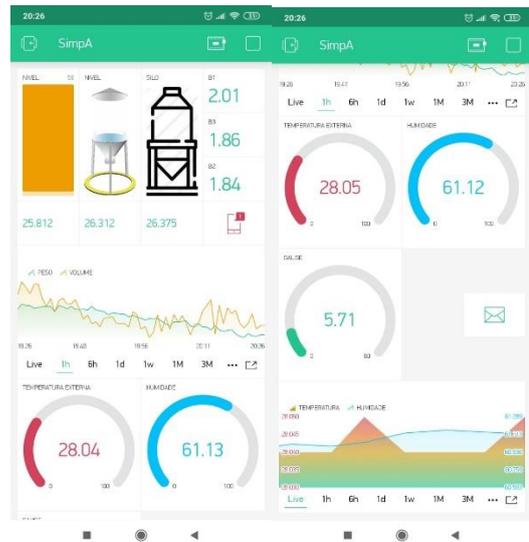


Figura 11. Telas de monitoramento da temperatura, umidade e nível de grãos medidos.



Figura 12. Tela do sistema de alerta quanto a umidade.

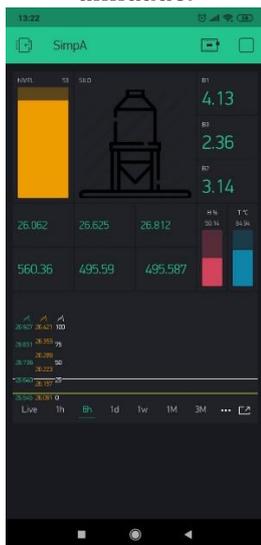


Figura 13. Tela de nível de grãos.

Conti e Wiggers (2014) que desenvolveram um aplicativo na linguagem Android (Google) para dispositivos móveis que possuam o Android OS, onde o sistema apresenta observações referentes a umidade e temperatura ideal da cultura armazenada, como um sistema especialista, para auxílio na tomada de decisão para que os grãos armazenados mantenham sua qualidade, afirmam que, a adoção de tecnologias que contribuam para o processo de controle e armazenamento de grãos pode aumentar a qualidade da comercialização. Destaca se a importância do controle da temperatura e umidade grãos para obter uma maior qualidade da produção, evitar desperdícios, deterioração e pragas.

Vieira e Brito (2015) em medição de vazão mássica em bancada de teste usando um sensor DHT22, uma ventoinha e um microcontrolador programável Arduino Uno afirmam que, a qualidade de medição do instrumento manufaturado foi excelente, e o Arduino foi uma ótima solução para o problema em questão.

Brito (2016), desenvolvendo um sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica utilizando Arduino e Blynk® conseguiu chegar a resultados satisfatórios.

Makode e Harne (2019), em experimento para medir e determinar a acurácia de sensores em monitoramento remoto de campo agrícola utilizando Blynk® concluíram que são bons como assistentes para acompanhar os dados de campo.

Silva e Miranda (2018) utilizaram o Blynk® para automação com inteligência

artificial em residência e constataram a praticidade e o ganho que se teve com janelas e cortinas automáticas, visto que elas podem ser fechadas mesmo que o usuário não esteja em sua casa.

Santos Junior (2016) também obteve resultados similares, pois monitorou dados de temperatura utilizando o Blynk® transformando os dados obtidos em gráficos de variação de temperatura.

Santos (2014) desenvolveu um sistema de irrigação automatizado utilizando-se de um sistema microcontrolador Arduino, a custo acessível e aplicado a pequenos produtores rurais.

Dutra et al. (2013) utilizando um protótipo de pequeno porte de um sistema de irrigação baseado no microcontrolador Arduino, comandado por meio de dispositivos móveis com tecnologia wireless, e sistema de supervisão e controle para realizar de forma automática a irrigação de acordo com a temperatura e umidade do ar.

Madalosso (2014) elaborou um sistema de automatização do processo de irrigação de estufas, em sistema de malha fechada, utilizando um microcontrolador e sensores de umidade.

Alamini e Mendes (2018) desenvolveram uma aplicação web para gerenciar as principais atividades executadas em silos graneleiros, gerando uma tomada de decisão com base nas informações de temperatura e umidade.

Stanga et al. (2018), em protótipo desenvolvido de um sistema para o monitoramento da temperatura e umidade de um silo utilizando hardware de baixo custo e ScadaBR, relata que o mesmo cumpriu com suas funções e foi capaz de monitorar a temperatura entre os grãos e a temperatura e umidade do ar. Também foi capaz de emitir alarmes sonoros e visuais quando da alteração de algum valor de temperatura dos grãos.

Conti e Wiggers (2014) desenvolveram um sistema semelhante à deste estudo onde apresenta observações referentes a umidade e temperatura da cultura armazenada, como um sistema especialista, para auxílio na tomada de decisão. Onde foi possível analisar a produção média da colheita e sua localização.

Almeida (2018) no desenvolvimento do *Mobile Grain Control*, onde consistiu na construção de uma interface homem-máquina para que o usuário, com poucos toques na tela, possa realizar as ações de alteração, visualizar a

média da temperatura interna do silo e também do gráfico, obteve resultados satisfatórios com o aplicativo podendo ser utilizados na indústria de automação.

Maestrelli e Napoleão (2018) trabalhando com um sistema supervisorio para monitoramento de energia elétrica residencial, através de sensores, Arduino e linguagem de programação, e conexão Wi-Fi, obtendo assim para o usuário uma visão ampla de onde e quando a energia é utilizada, podendo assim tomar decisões que levem a diminuição do consumo de energia.

Jesus (2017) utilizando os mesmos sensores deste trabalho juntamente com o Arduino desenvolveu um sistema supervisorio no Visual Studio onde se mostrou eficiente quanto a aquisição e transmissão de dados para o software.

Ferrasa (2008) em monitoramento da temperatura e umidade em silos de armazenamento de grãos desenvolveu programa computacional em linguagem Java, onde foi responsável pela interface com o usuário e o armazenamento dos dados obtidos a partir das unidades eletrônicas e obteve excelentes resultados.

Conclusão

Conclui-se a possibilidade de monitoramento automatizado através dos sensores de temperatura, umidade do ar, gases, de nível de grãos e de carga que puderam gerar informações precisas e instantâneas e auxiliar no processo de tomada de decisão.

O protótipo desenvolvido cumpriu com suas funções, foi capaz de obter dados e fornecer com segurança e rapidez ao sistema de aplicativo desenvolvido sobre a carga e descarga.

O Sistema Integrado de Monitoramento de Produtos Armazenados em Silos de carregamento e descarregamento em silos verticais atendeu às metas estabelecidas e demonstrou ser viável para uso para a avicultura e aplicações computacionais.

No sistema de transmissão, captação e armazenamento de dados houve eficiência nos registros e rapidez na transmissão de dados sendo uma alternativa de baixo custo no monitoramento da temperatura, umidade, de gases e nível de grãos.

Com a adoção de tecnologias que contribuam para o processo de armazenamento de grãos pode-se diminuir custos nos grãos armazenados e manter sua qualidade.

Referências

- ALAMINI, G. A.; MENDES, P. O. R. Desenvolvimento de uma aplicação web para gerenciamento e visualização de termometria em silos graneleiros. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Tecnologias da Informação e Comunicação). Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá, 2018.
- ALMEIDA, J. G. Q. DE. Interface Homem-Máquina para instrumentação e controle de ambiência em silos de armazenagem de grãos no contexto da Internet das Coisas. Trabalho de Conclusão de Curso de (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas). Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, 2018.
- ALMEIDA, L. A. DA S. Monitoramento dos gases existente em espaço confinado de uma unidade armazenadora de grãos. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2017.
- BANDEIRA, I. S. A.; NASCIMENTO, J. W. B. do; SILVA, F. de A. S. Análise de fluxo de ração e farelo de trigo em silos prismáticos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.3, n.2, p.233-238, 1999.
- BATISTA, C. DA S. Estudo teórico e experimental do fluxo de sólidos particulares em silos verticais. 102f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2009.
- BICA, M. R. R.; RANIERO, M. R.; CALÇA, M. V. C.; DAL PAI, A. Monitoramento de temperatura com sensores eletrônicos ligados em rede. In: Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu, 7, 2018, Botucatu. Anais...Botucatu, 2018.
- BURANELLO, R. M. Questão de semântica: que créditos podem lastrear um CRA? Revista Capital Aberto, 20 de abril de 2017, edição 75. Disponível em: <http://www.demarest.com.br/pt-br/publicacoes/Artigos/pt/questao-de-semantica-quecreditos-podem-lastrear-um-cra.pdf>. Acesso em: 27/09/2017.
- COELHO, M. S. Sistemas Supervisorios. 6.o Módulo. Apostila. 3.a revisão. Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo, 2009. 142p.
- CONTI, G.; WIGGERS, K. L. Aplicativo móvel para controle de silos e colheitas com auxílio na tomada de decisão agrícola, baseado em sistema operacional Android. In: Congresso Sul Brasileiro de Computação, 7, 2014, Criciúma.

- Anais... Criciúma, 2014.
- DIÓGENES, D. P. D. Desenvolvimento de um smart plug para controle e monitoramento de aparelhos elétricos utilizando o conceito de internet das coisas. 114f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2019.
- ELIAS, M. C. Armazenamento e conservação de grãos. Universidade Federal de Pelotas. Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Pelotas, 2003.
- FANK, M. Z.; CHRIST, D.; CARDOSO, D. L.; WILLRICH, F. L.; LORENZI, V. Coeficiente de transferência de carga nas fundações de silos verticais cilíndricos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.9, p.887-891, 2015.
- FARONI, L. R. D. Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados. Viçosa, p.1-15, 1998.
- FERRASA, M.; BIAGGIONI, M. A. M.; DIAS, A. H. Sistema de monitoramento da temperatura e umidade em silos graneleiros via radiofrequência (RF). Revista Energia na Agricultura, v.25, n.2, p.139-156, 2010.
- FREITAS, E. G. A. Estudo teórico e experimental das pressões em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.
- GARNIER, J. Classification of silo tests. In: Silos fundamentals of theory, behaviour and design. 1.a ed. London: Routledge Editora, 1998. p.612-619.
- GOMES, F. C.; CALIL JÚNIOR, C. Estudo teórico e experimental das ações em silos horizontais. Cadernos de Engenharia de Estruturas, v.7, n.24, p.35-63, 2005.
- JESUS, G. C. DE. Desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento do ambiente via wireless para o biotério da UFOP. 52f. Monografia (Engenharia de Controle e Automação). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2017.
- KOELLN, M. F. B. Desenvolvimento de um sistema de monitoramento de dióxido de carbono em espaços confinados de unidades de pré-processamento de grãos. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola e Ambiental). Universidade Federal de Mato Grosso. Sinop, 2017.
- KALRA, V.; BAWEJA, C.; SIMMARPREET; CHOPRA, S. Influence of temperature and humidity on the output resistance ratio of the MQ-135 Sensor. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, v.6, n.4, p.423-429, 2016.
- LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B. do. Características de fluxo e projeto de tremonhas cônicas em silos verticais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.3, p.339-345, 2013.
- LOPES NETO, J. P.; NASCIMENTO, J. W. B. DO; SILVA, R. C. Forças de atrito em silos verticais de paredes lisas em diferentes relações altura/diâmetro. Engenharia Agrícola, v.34, p.8-17, 2014.
- MAKODE, S. K.; HARNE, R. R. Smart agriculture solution using LoRa and IoT. International Research Journal of Engineering and Technology, v.6, n.7, p.1872-1877, 2019.
- MAESTRELLI, G. A.; NAPOLEÃO, G. S. Sistema supervisorio para monitoramento de energia elétrica residencial. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.
- MARTINAZZO, C. A.; ORLANDO, T. Comparação entre três tipos de sensores de temperatura em associação com Arduino. Perspectiva, v.40, n.151, p.93-104, 2016.
- NASCIMENTO, J. W. B. Estudos de silos metálicos prismáticos para fábricas de ração. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1996.
- NASCIMENTO, V. R. G.; QUEIROZ, M. R. DE. Estratégias de aeração de milho armazenado: temperatura e teor de água. Engenharia Agrícola, v.31, n.4, p.745-759, 2011.
- NASCIMENTO, F. C. A relação entre as pressões horizontais e verticais em silos elevados: o parâmetro K. 119f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.
- NÓBREGA, M. V. DA; NASCIMENTO, J. W. B. DO. Fluxo de ração avícola em silos prismáticos com tremonha excêntrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p.413-419, 2005.
- RIGO, A. D.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C. DE; DEVILLA, I. A. Estratégias de controle para o processo de aeração de grãos em protótipos de silos metálicos. Global Science and Technology, v.5, n.3, p.47-55, 2012.
- PIRES, E. H. de. Projeto de uma unidade de monitoramento e controle ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecatrônica). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018.
- ROCHA, A. DOS S. Integração entre o mundo real

e o virtual no contexto da IoT: internet das coisas e Blynk, operacionalidade e viabilidade. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2018.

ROTTER, J. M. Challenges for the future in numerical simulation. In: Silos: fundamentals of theory, Behaviour and design. London: Routledge Editora, 1998. p.584-604.

SANTOS, L. B. Sistema automatizado para controle de umidade e temperatura em cultura de morangos aplicados aos pequenos produtores. Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2014.

SANTOS JUNIOR, M. A. DOS. Monitoramento da temperatura e do dióxido de carbono do silo piloto utilizando Arduino e Blynk. 22f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2018.

SILVA, J. S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.

SILVA, L. C. DA. Secagem de grãos. In: Boletim Técnico: AG: 04/05. Universidade Federal do

Espírito Santo. Alegre, 2005.

SILVA, C. A.; MIRANDA, V. L. D. Automação residencial com inteligência artificial. Revista Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade na Engenharia Elétrica, v.1, n.1, p.48-70, 2018.

SILVA, H. DA C. Estudo da influência do empuxo lateral causado por grãos nas paredes de grandes silos horizontais. 106f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

SIVIERO, L. F. C. Monitoramento via ultrassom, temperatura e umidade no armazenamento de grãos com acionamento do sistema de aeração. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2017.

STANGA, G. DE C.; BRITO, R. C.; FAVARIM, F.;

TODT, E. Sistema para o monitoramento da temperatura e umidade de um silo utilizando hardware de baixo custo e ScadaBR. In:

Computer on the Beach, 9, 2018, Florianópolis.

Anais... Florianópolis, 2018.

Capítulo 15

CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL, MICROBIOLÓGICA E PROPRIEDADES FÍSICAS DE COOKIES ELABORADOS COM CASCA DE KIWI

Newton Carlos Santos¹
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva²
Sâmela Leal Barros³
Victor Herbert de Alcântara Ribeiro⁴
Anna Paula de Queiroga Rocha⁵
Luana Nascimento Silva⁶
Manoel Tolentino Leite Filho⁷

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal – RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com

^{2,4}Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor_herbert@hotmail.com

³Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal do Ceará, UFC/DTA, Fortaleza-CE, samelaleal7@gmail.com

⁵Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, UFPB/CCT/DQ, João Pessoa – PB, annapaula_rocha@hotmail.com

⁶Bacharel em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/UAEQ/Campus Campina Grande – PB, luana.nascimento25@hotmail.com

⁷Msc. Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEAl/Campus Campina Grande – PB, manoelqi2009.1@gmail.com

Introdução

O desenvolvimento de produtos alimentícios com a utilização de matérias-primas alternativas tem se intensificado com o objetivo de melhorar a qualidade nutricional dos alimentos. Dentre esses produtos, destacam-se os biscoitos tipo cookie, caracterizados como produtos que têm altos teores de açúcar e gordura, e baixo conteúdo de água (OLIVEIRA et al., 2017).

De acordo com Dias et al. (2016), biscoito é o produto adquirido pelo amassamento e cozimento da massa preparada com farinhas, amidos, fermentada ou não, e outras substâncias alimentícias. Sua qualidade está relacionada ao sabor, a textura, a aparência, entre outros fatores, e nos últimos anos vem se destacando como um produto de grande interesse comercial em decorrência de sua praticidade na produção, comercialização e consumo, além de possuir longa vida comercial.

Segundo Oliveira et al. (2018), o biscoito tipo cookie é aceito e consumido por pessoas de qualquer idade, possui poder atrativo, principalmente para as crianças. Por estes e outros motivos, os biscoitos mostram-se um meio viável para substituição da farinha de trigo por farinhas provenientes de outras fontes como, por exemplo, de cascas de frutas.

O kiwi é uma fruta cítrica originária da China, pertencente à família Actinidiaceae que foi introduzido no Brasil somente na década de 70, despertando grande interesse no mercado devido aos bons preços, alta produtividade e baixos custos de produção (FARIAS et al., 2017). É um excelente regulador da função intestinal devido à presença de fibras, além de apresentar vitaminas como o ácido ascórbico e o betacaroteno e ser rico em potássio, um mineral vital para o organismo, cuja deficiência pode provocar problemas de tensão arterial, disfunções digestivas, stress e depressão (IESEN et al., 2013).

O reaproveitamento de partes não convencionais dos alimentos pode reduzir os gastos com a alimentação e os impactos ambientais do país, além de colaborar para a elaboração de novos produtos e matérias-primas. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo elaborar biscoito tipo cookie com adição da farinha da casca do kiwi (FCK), caracterizar e avaliar o efeito da adição da farinha da casca do kiwi sobre as características centesimais, qualidade microbiológica e propriedades físicas.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Engenharia de Alimentos da

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil. Os kiwis cv. Hayward (*Actinidia deliciosa*) utilizados foram adquiridos no mercado local da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Obtenção da farinha

Os kiwis foram selecionados, lavados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, por 15 min e, posteriormente, enxaguadas em água corrente. O descasque ocorreu de forma manual, com auxílio de uma faca doméstica. A secagem da casca foi realizada em estufa de circulação de ar com velocidade de 1,5 m.s⁻¹, na temperatura de 35°C, durante 72 h, nas quais as

amostras foram distribuídas uniformemente em bandejas. Após a secagem, o produto foi submetido à operação unitária de moagem, fazendo-se uso de um moinho de facas (Fabricante BOTINI). Após secagem e moagem, a farinha da casca do kiwi foi acondicionada em embalagens herméticas e mantida em temperatura ambiente.

Obtenção do cookie

Foram elaborados cookies em 5 formulações, utilizando-se a farinha da casca do kiwi (FCK), onde todos os ingredientes utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Formulação para produção dos biscoitos tipo cookie

Ingredientes	Quantidade (g/100g)				
	F0	F1	F2	F3	F4
Farinha de trigo	100	95	90	85	80
Farinha da casca do kiwi	0	5	10	15	20
Açúcar refinado (g)	30	30	30	30	30
Sal (g)	1	1	1	1	1
Bicarbonato de sódio (g)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Gordura vegetal (g)	50	50	50	50	50
Amido de milho (g)	14	14	14	14	14

Nota: Porcentagem base de farinha.

A mistura dos ingredientes foi realizada, fazendo uso de uma batedeira planetária, o tempo de mistura foi de 12 min, até a obtenção de uma massa homogênea. Em seguida, os biscoitos foram moldados em formato circular, sendo dispostos em formas retangulares. O forneamento foi realizado em forno doméstico pré-aquecido a 180°C, por aproximadamente 25 min. Depois de assados, os biscoitos foram acondicionados em embalagens laminadas herméticas.

Composição centesimal

Nos cookies foram realizadas as caracterizações da umidade, sólidos totais, cinzas, lipídeos, e proteínas de acordo com a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2008); a atividade de água (A_w) foi determinada usando o dispositivo Decagon® Aqualab CX-2T a 25°C; o teor total de carboidratos foi calculado por diferença para obter 100% da composição total (FAO, 2003); o valor energético dos biscoitos foi calculado de acordo com Santos et al. (2011).

Avaliação microbiológica

Para a avaliação microbiológica, uma porção de 25 g de cada *cookie* foi

homogeneizada em 225 mL de solução salina. A partir dessa diluição inicial, foram preparadas diluições seriadas utilizando o mesmo diluente.

A determinação de coliformes a 35°C (totais) foi realizada através da determinação do número mais provável (NMP) de coliformes, usando o meio de cultura caldo lactosado verde bile brilhante 2% através da técnica de tubos múltiplos. Para a confirmação de coliformes a 45°C (termotolerantes) foi utilizado o meio de cultura Caldo EC, realizando um repique a partir dos tubos positivos de caldo lactosado verde bile brilhante em estufa a 45°C durante 24 h.

Para a análise de *Staphylococcus* spp., alíquotas de 0,1 mL foram transferidas para placas de Petri contendo ágar Manitol para semeadura em superfície. Após o semeio, as placas foram incubadas em temperatura de 36 ± 1°C por 48 h.

Na verificação de *Salmonella* sp., uma porção de 25g da amostra foi contida na água salina peptonada e incubada a 35°C por 24 h. Após incubação alíquotas de 0,1 mL da amostra em solução salina foi transferida para placa de Petri e incubadas em temperatura 35°C por um período de 24 h (BRASIL, 2003).

Análises físicas

A espessura e o diâmetro dos biscoitos foram determinados antes e depois do forneamento, com paquímetro digital. O fator de expansão foi determinado pelo quociente entre o diâmetro médio e a espessura dos biscoitos, conforme descrito por Sharma et al. (2013). A massa foi determinada em balança analítica.

Análises estatísticas

Os dados experimentais foram analisados em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância de fator único

(ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de Tukey adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 pode-se observar os resultados obtidos para composição centesimal, atividade de água e valor energético dos biscoitos tipo cookie elaborados com adição da farinha da casca do kiwi.

Tabela 2. Composição centesimal, atividade de água e valor energético dos biscoitos tipo cookie

Parâmetros	Formulações				
	F1	F2	F3	F4	F5
Umidade (g/100g)	4.46 ^b	4.40 ^b	5.02 ^a	4.57 ^b	4.62 ^b
Atividade de Água (Aw)	0.099 ^c	0.096 ^c	0.170 ^a	0.130 ^b	0.154 ^{ba}
Cinzas (g/100g)	1.43 ^d	1.55 ^d	1.84 ^c	2.15 ^b	2.45 ^a
Lipídeos (g/100g)	27.16 ^a	26.06 ^{ba}	25.85 ^{ba}	25.28 ^{ba}	22.53 ^b
Proteínas (g/100g)	4.54 ^c	4.90 ^{bc}	5.19 ^{ba}	5.33 ^{ba}	5.62 ^a
Carboidratos (g/100g)	62.41 ^{ba}	63.09 ^a	62.10 ^b	62.67 ^b	64.78 ^{ba}
Valor energético (Kcal/100g)	512.24 ^a	506.50 ^b	501.81 ^c	499.52 ^d	484.39 ^e

Nota: F1= 0% de FCK; F2=5% de FCK; F3= 10% de FCK; F4=15% de FCK; F5= 20% de FCK. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os biscoitos cookie apresentam umidade dentro do especificado pela Legislação Brasileira, no qual estabelece um teor de umidade inferior a 14,0 g/100g. No entanto, apenas a formulação (F3) com adição de 10% da Farinha da casca do kiwi (FCK) difere das demais formulações elaboradas. Dias et al. (2016) obtiveram teor de umidade que variaram de 2,0 a 4,9% para cookies elaborados com diferentes concentrações de aveia.

Para assegurar o tempo de conservação e garantir qualidade dos cookies, é preciso ter conhecimento em relação à atividade de água, os cookies elaborados apresentam baixos valores de atividade de água, nos quais apenas as formulações F3 e F4 apresentam diferença estatística.

Em relação ao teor de cinzas, ocorre um aumento de 1,02% na medida em que se aumenta a concentração de FCK. A formulação (F5) com adição de 20% da FCK apresenta maior teor para este parâmetro. Estatisticamente as formulações F3, F4 e F5 apresentam diferenças significativas. Comportamento semelhante foi observado por Ikechukwu et al. (2018) ao elaborarem biscoitos com diferentes concentrações de farinha da

semente de melancia, onde obtiveram teor de cinzas que variaram de 1,79 a 4,60%, quando a concentração variou de 20 a 50%.

Observa-se uma redução do teor lipídico, quando se tem um aumento na concentração da FCK, sendo a formulação com adição de 20% da FCK com menor percentual (22,53%) diferindo estatisticamente apenas da formulação (F1) sem adição da FCK. Santos et al. (2011), analisando biscoitos com adição de farinha de buriti com aveia obtiveram teor lipídico de 22,46 g/100g.

Ocorre diferenças significativas quanto ao teor de proteínas, no qual a formulação F1 não difere da F2, mas difere da F3, F4 e F5. Diferentemente do observado para o teor lipídico, o teor de proteínas aumenta com o aumento da adição da FCK. Valores próximos foram observados por Albuquerque et al. (2016), que foi de 5,56 g/100g, analisando cookies elaborados com adição de 30% de seriguela.

O teor de carboidratos apresenta uma variação de 62,41% (F1) a 64,78% (F5), havendo diferenças estatísticas apenas na formulação (F2). Valores superiores, foram observados por Pereira et al. (2016), ao

elaborarem cookies com diferentes concentrações de farinha de jatobá, no qual variaram de 70,77 a 74,69%.

Quanto ao valor energético, pode-se observar na Tabela 3, que a adição da FCK reduz o valor em até 27,85 Kcal/100g. Sendo a formulação F1 com maior valor (512,24 Kcal/100g) e a formulação F5 com o menor valor (484,39 Kcal/100g). Para este mesmo parâmetro, todas as formulações apresentam

diferença estatística significativa. Valores próximos ao do presente estudo foram obtidos por Santos et al. (2011) (460,53 a 487,82 Kcal/100g) para cookies com farinha de buriti. E superiores ao obtidos por Silva et al. (2018) (429,63 a 429,82 Kcal/100g) para cookies elaborados com farinha de pequi.

Na Tabela 3, podem-se observar os valores obtidos para a avaliação microbiológica dos biscoitos.

Tabela 3. Análises microbiológicas dos biscoitos tipo cookie

Microrganismos	Formulações					RDC nº12 (ANVISA, 2001)
	F1	F2	F3	F4	F5	
Coliformes totais (NMP/g)	10	4.4	5.7	3.6	4.8	-
Coliformes termotolerantes (NMP/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	Máx. 10 (NMP/g)
Staphylococcus spp. (UFC/g)	1.5 x 10 ¹	1.1 x 10 ¹	1.4 x 10 ¹	2.5 x 10 ¹	1.9 x 10 ¹	Máx. 5 x 10 ² (UFC/g)
Salmonella sp.	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausência

Nota: NMP= Número Mais Provável de Microrganismos; UFC= Unidades Formadoras de Colônias.

A legislação vigente não estabelece padrões para a contagem de coliformes totais (35°C), mas o estudo desse grupo de microrganismos é importante, pois é considerado indicador das condições de higiene. Na determinação desse grupo de microrganismos obtive-se valores que variam de 3,6 a 10 NPM/g sendo a formulação (F1) com o maior Número Mais Provável desse Microrganismo. O número elevado de coliformes pode não significar contaminação direta com material fecal.

Os coliformes termotolerantes são utilizados para determinar condições higiênico-sanitária na produção de alimentos, de modo que altas contagens desse grupo indicam falhas higiênicas ao longo do processo. Os valores encontrados para os coliformes termotolerantes estão de acordo com os padrões estabelecidos pela resolução nº 12/2001. Massarollo et al. (2016) ao analisarem produtos de panificação de agroindústria localizadas na cidade de Francisco Beltrão-PR, todos os cookies avaliados também não apresentaram contagem para o grupo de coliformes termotolerantes (45°C).

Na quantificação de *Staphylococcus spp.* obtive-se valor máximo para formulação (F4) de 2,5 x 10¹ UFC/g, e mesmo assim, sendo inferior ao máximo permitido pela legislação que é de 5,0 x 10² UFC/g. Portanto, para esse parâmetro

todas as formulações estão de acordo com a legislação. Barros et al. (2019) ao avaliarem a qualidade microbiológica de cookies adicionados do resíduo seco da casca do abacaxi na análise de *Staphylococcus spp.* obtiveram valores que variaram de 3 até 250 UFC/g entre as formulações desenvolvidas.

A pesquisa de *Staphylococcus spp.* é importante neste tipo de produto, pois trata-se de uma bactéria de potencial patogênico, sendo considerado um dos mais frequentes causadores de surtos de toxinfecção, em razão do importante papel desempenhado pelos manipuladores durante as diferentes etapas de processamento dos alimentos, somado aos riscos de contaminação das matérias-primas desde sua origem, e das temperaturas abusivas de conservação pós-cozimento (LIMA et al., 2017).

A *Salmonella sp.* não apresenta crescimento em nenhuma das formulações analisadas, atendendo a legislação vigente que determina sua ausência em 25 g de produto. A sua presença é potencialmente capaz de causar enfermidades e, portanto, tornando o alimento impróprio para o consumo humano. As bactérias deste gênero tornam os alimentos inadequados para o consumo humano por se tratarem de espécie altamente infectante e virulenta e, de acordo com a legislação vigente, este gênero deve estar ausente nos alimentos (BRASIL, 2001). Goes et al. (2017), ao

desenvolverem e avaliarem microbiologicamente cookies com inclusão de peixe, obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo com ausência de *Salmonella sp.* em todas as formulações elaboradas.

Na Tabela 4, estão os resultados obtidos das características físicas dos cookies antes e

depois da etapa de forneamento. A massa do biscoito antes do forneamento variou de 13,02 a 13,41 g, e depois do forneamento variou de 11,16 a 11,84 g, apresentando diferenças estatísticas entre o processo de forneamento, reduzindo em média de 1,756 g de sua massa (aproximadamente 14%).

Tabela 4. Massa, diâmetro, espessura e fator de expansão dos biscoitos tipo cookie antes e depois do forneamento

Formulações	Parâmetros			
	Massa (g)	Espessura (mm)	Diâmetro médio (mm)	Fator de expansão
F1 AF	13.02 ^d	10.27 ^{cd}	41.16 ^{fg}	4.01 ^a
F2 AF	13.41 ^a	10.21 ^{cd}	41.12 ^g	4.03 ^a
F3 AF	13.24 ^{bc}	10.29 ^c	41.38 ^d	4.02 ^a
F4 AF	13.16 ^{cd}	10.12 ^d	41.24 ^{ef}	4.07 ^a
F5 AF	13.36 ^{ab}	10.22 ^{cd}	41.26 ^{de}	4.04 ^a
F1 DF	11.16 ^g	10.69 ^b	41.66 ^{bc}	3.89 ^a
F2 DF	11.84 ^e	10.94 ^a	41.64 ^{bc}	3.81 ^a
F3 DF	11.52 ^f	10.87 ^a	41.86 ^a	3.85 ^a
F4 DF	11.26 ^g	10.38 ^c	41.59 ^c	4.01 ^a
F5 DF	11.63 ^f	10.67 ^b	41.72 ^b	3.91 ^a

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. AF: antes do forneamento; DF: depois do forneamento.

Ocorre aumento médio da espessura dos biscoitos de aproximadamente 0,49mm, após o tempo de forneamento. Antes do forneamento apenas as formulações (F3 e F4) apresentam diferenças estatísticas; e após o forneamento as formulações (F1 e F5), assim como (F2 e F3) não apresentam diferença entre si em um nível de 5% de probabilidade. Assim, como observado para a espessura, o diâmetro médio dos biscoitos também aumentara, variando de 41,12 a 41,26mm e 41,59 a 41,86mm, antes e após do forneamento, respectivamente.

O fator de expansão diminuiu após o tempo de forneamento antes e após o processo de forneamento, respectivamente, não apresentando diferença significativa para todas as formulações antes e após o processo. Comportamento este, também observado por Lima et al. (2015) para cookies elaborados com farinha da entrecasca da melancia. De modo geral, a expansão dos biscoitos diminui sempre que o nível de substituição de farinha de trigo aumenta (ZUCCO et al., 2011; CHUNG et al., 2014).

Conclusão

O uso da farinha da casca de kiwi na elaboração dos biscoitos proporcionou redução no teor lipídico e no seu valor energético, e aumento no teor de proteínas dos mesmos.

Os resultados das análises microbiológicas demonstraram que, os biscoitos se apresentaram aptos para o consumo não apresentando riscos à saúde do consumidor, atestando a eficiência e higiene na elaboração do produto.

A variação do teor de farinha da casca do kiwi na formulação dos biscoitos gerou diferenças significativas para os parâmetros físicos entre os experimentos antes e depois do forneamento.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

Referências

ALBUQUERQUE, J. G.; DUARTE, A. M.; CONCEIÇÃO, M. L.; AQUINO, J. S. Integral utilization of seriguela fruit (*Spondias purpurea* L.) in the production of cookies. Revista Brasileira de Fruticultura, v.38, n.3, p.1-7, 2016. BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; NASCIMENTO, A. P. S.; SILVA, V. M. A. Evaluation microbiological of cookies prepared with added

- of residue dry from pineapple peels. *Revista Higiene Alimentar*, v.33, p.2720-2724, 2019.
- BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. v.1, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 2008. 1020p.
- BRASIL. Lei dos Padrões Microbiológicos Sanitários para Alimentos n.12, de 02 de janeiro de 2001. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.62 de 27 de agosto de 2003. Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. Diário Oficial da União, n.181, 18 set. 2003. Seção 1, p.14-51.
- CHUNG, H. J.; CHO, A.; LIM, S. T.; MORALES, F. J. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugarsnap cookies. *Food Science and Technology*, v.57, p.260-266, 2014.
- DIAS, B. F.; SANTANA, G. S.; PINTO, E. G.; OLIVEIRA, C. F. D. Caracterização físico-química e análise microbiológica de cookie de farinha de aveia. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.3, n.3, p.10-14, 2016.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food Energy: Methods of Analysis and Conversion Factors. Report of a Technical Workshop. Food and Nutrition Paper, v.77. FAO: Rome, Italy, 2003.
- FARIAS, B.; WURZ, D. A.; ALLEBRANDT, R.; REINEHR, J.; FAGHERAZZI, M. M.; KRETZSCHMAR. Evaluation of three varieties of kiwi with cultural potential in lages city - Santa Catarina state. *Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa*, v.14, n.14, p.804-812, 2017.
- GOES, E. S. R.; FEIDEN, A.; VEIT, J. C.; FINKLER, J. K.; GOES, M. D.; BOSCOLO, W. R. Development of cookies with inclusion of fish. *Revista Agrarian*, v.10, n.36, p.245-253, 2017.
- IESEN, D.; SANTOS, V.; QUAIST, E.; QUAIST, L. B.; RAUPP, D. S. Desenvolvimento de geleia de kiwi: influência da polpa, pectina e brix na consistência. *Journal of Health Science*, v.15, p.369-375, 2013.
- IKECHUKWU, A. I. P.; OMEIRE, G. C.; KABUO, N. O.; ELUCHIE, C. N.; AMANDIKWA, C.; ODOEMENAM, G. I. Production and evaluation of biscuits made from wheat flour and toasted watermelon seed meal as fat substitute. *Journal of Food Research*, v.7, n.5, p.112-123, 2018.
- LIMA, J. P.; PORTELA, J. V. F.; MARQUES, L. R.; ALCÂNTARA, M. A.; EL-AOUAR, A. A. Watermelon flour rind in gluten-free cookies. *Ciência Rural*, v.45, n.9, p.1688-1694, 2015.
- LIMA, T. M. F. G.; RIOS, D. A. S.; SILVA, L. M. R. Microbiological quality of acarajés marketed in the city of Fortaleza (CE). *Revista Higiene Alimentar*, v.31, p.2256-2260, 2017.
- MASSAROLLO, M. D.; GULARTE, M. A.; VIEIRA, A. P.; CÓRDOVA, K. R. V. Análise microbiológica de produtos de panificação de agroindústrias de Francisco Beltrão, PR. *Revista Biosáude*, v.18, n.1, 2016.
- OLIVEIRA, D. L.; KOLAKOWSKI, A. P.; SIMÕES, D. R. S.; LOS, P. R.; DEMIATE, I. M. Biscoitos tipo cookie sem glúten formulados com farelo de feijão, farinha de arroz e amido de mandioca. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.11, n.2, p.2484-2501, 2017.
- OLIVEIRA, F. C.; XAVIER, L. C. A.; BRAGA, M. C. A. Biscoitos enriquecidos com diferentes composições de farinha mista: análise química, física e sensorial. *Journal Business and Technology*, v.5, n.1, p.83-86, 2018.
- PEREIRA, M. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; ALMEIDA, F. L. C.; FEITOSA, R. M. Processamento e caracterização físico-química de biscoitos amanteigados elaborados com farinha de jatobá. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.10, n.2, p.2137-2149, 2016.
- SANTOS, C. A.; RIBEIRO, R. C.; SILVA, E. V. C.; SILVA, N. S.; SILVA, B. A.; SILVA, G. F.; BARROS, C. V. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.5, p.262-273, 2011.
- SHARMA, P.; VELU, V.; INDRANI, D.; SINGH, R. P. Effect of dried guduchi (*Tinosporacordifolia*) leaf powder on rheological, organoleptic and nutritional characteristics of cookies. *Food Research International*, v.50, n.2, p.704-709, 2013.
- SILVA, C. L. M.; SANTOS, T. C.; OLIVEIRA, M. L. P.; SILVA, L. M. S. F.; ARAÚJO, C. I. A.; JESUS, C. A.; VIEIRA, C. R. Composição centesimal de biscoitos tipo cookies adicionados de farinha de Caryocar brasiliense Camb. (Caryocaraceae). *Caderno de Ciências Agrárias*, v.10, n.2, p.78-82, 2018.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assstat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal Agricultural Research*, v.11, p.3733-3740, 2016.
- ZUCCO, F.; BORSUK, Y.; ARNTFIELD, S. D. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *Food Science and Technology*, v.44, n.10, p.2070-2076, 2011.

Capítulo 16

MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM APLICADA AO PIMENTÃO AMARELO ORGÂNICO

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva¹

Newton Carlos Santos²

Raphael Lucas Jacinto Almeida³

Samuel Brito Ferreira Santos⁴

Luana Nascimento Silva⁵

Anastácia Maria Mikaella Campos Nóbrega André⁶

Manoel Tolentino Leite Filho⁷

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com

^{2,3}Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal - RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com; raphaelqindustrial@gmail.com

⁴Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal - RN, samuelbritof@gmail.com

⁵Bacharel em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/UAEQ/Campus Campina Grande - PB, luana.nascimento25@hotmail.com

⁶Engenheira Agrícola, Doutora em Engenharia de Processos, anastaciamikaella@gmail.com

⁷Msc. Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEAl/Campus Campina Grande - PB, manoelqi2009.1@gmail.com

Introdução

O cultivo de hortaliças orgânicas tem prosperado em todo o mundo, pois este sistema de produção possibilita benefícios ao produtor, consumidor e ao meio ambiente. A adubação orgânica expande a produtividade, reduz os custos de produção, minimiza a ocorrência de processos erosivos no solo, permite a maior agregação de partículas, disponibiliza maior quantidade de nutrientes e possibilita o aumento dos teores de água e de fósforo, resultando na obtenção de um produto de qualidade e rico em nutrientes (SEDIYAMA et al., 2014; CELESTRINO et al., 2017; SALLES et al., 2017).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.), pertencente à família Solanaceae tem como origem a América Central e foi um dos primeiros temperos utilizados para proporcionar aos alimentos cor, aroma e sabor mais atrativos. No século XVI houve a expansão do seu cultivo, tornando-se popular em praticamente todos os continentes (HACHMANN et al., 2017). No Brasil, o pimentão possui elevado valor econômico, destacando-se como sendo uma das dez hortaliças mais consumidas no território nacional. Os cultivares existentes possuem diferentes formas, tamanhos e cores que são correlacionadas ao estado de maturação (LAHBIBA et al., 2017). Os pimentões verdes são caracterizados por serem colhidos antes de

atingir maturidade completa, apresentando leve amargor. Os pimentões amarelos e laranjas possuem maturação intermediária, enquanto os pimentões vermelhos são colhidos em maturidade completa, apresentando sabor doce (TRECHA et al., 2017).

Os pimentões fazem parte da gastronomia de diversos países, podendo ser consumidos *in natura*, no preparo de saladas ou utilizados industrialmente como matéria-prima na produção de molhos, condimentos, corantes ou aromas concentrados (BOGUSZ JÚNIOR et al., 2015). Além do aroma, pungência e cor atrativa, o pericarpo do pimentão possui diversos nutrientes que são benéficos à saúde humana, como o cálcio, fósforo, ferro, vitaminas do complexo B, carotenoides e flavonoides que são substâncias associadas à prevenção de doenças como o câncer (LAHBIBA et al., 2017; TRECHA et al., 2017).

Apesar das inúmeras qualidades, o pimentão *in natura*, possui elevado teor de água, que é um dos parâmetros responsáveis por propiciar a ocorrência de reações deterioradoras e o desenvolvimento de microrganismos, resultando em uma curta vida de prateleira. Contudo, observa-se a viabilidade da utilização do processo de secagem como método de conservação, que consiste na remoção de água do produto e tem como objetivo a redução de perdas referentes as

etapas pós-colheita, desenvolvimento de um produto com maior valor agregado e redução de peso e volume, implicando em menor necessidade de espaços para o transporte, armazenamento, e redução nos custos com embalagem (ALVES & NICOLETI, 2014).

O processo de secagem acarreta no produto variações que são observadas na textura, sabor, aroma, cor e redução da qualidade nutricional. Pois, algumas substâncias são degradadas pela luz, oxigênio e altas temperaturas. Realizar estudos referentes aos processos e sistemas de secagem, através de modelagens matemáticas viabiliza o dimensionamento, otimização e a avaliação da aplicação do processo de secagem em escala comercial. Através dos parâmetros físico-químicos, pode-se observar em qual dos tratamentos aplicados obtêm-se um produto final de qualidade superior (HERNANDEZ-CARRION et al., 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a cinética de secagem do pimentão amarelo orgânico em diferentes temperaturas do ar de secagem, ajustar os dados obtidos aos modelos empíricos e avaliar o efeito das temperaturas aplicadas sobre suas características físico-químicas.

Material e Métodos

Os pimentões amarelos (*Capsicum annuum* L.) orgânicos foram adquiridos em feira de produtos orgânicos localizada na Universidade Federal de Campina Grande, na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Campina Grande.

Cinética de secagem

Tabela 1. Modelos empíricos para descrição da cinética de secagem

Modelo	Expressão	Referência
Handerson e Pabis	$X^* = ae^{-bt}$	Diamante et al. (2010)
Lewis	$X^* = e^{-at}$	Kaleta e Górnicki (2010)
Page	$X^* = e^{-at^b}$	Diamante et al. (2010)
Peleg	$X^* = t(a + bt)$	Mercali et al. (2010)
Silva et al.	$X^* = e^{-at-b\sqrt{t}}$	Silva et al. (2013)
Wang e Singh	$X^* = 1 + at + bt^2$	Kaleta e Górnicki (2010)

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{\text{exp},i}^* - X_{\text{pre},i}^*)^2}{N - n} \quad (\text{Eq. 2})$$

Os pimentões amarelos foram selecionados, higienizados e cortados manualmente em fatias finas, em seguida, o teor de água inicial do produto foi determinado de acordo com a metodologia proposta por (AOAC, 2005).

A secagem foi realizada em estufa de circulação de ar com velocidade do ar de 2,0 m.s⁻¹, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C, nas quais as amostras foram distribuídas uniformemente em bandejas, formando uma camada de aproximadamente 0,5 cm de espessura.

Os dados experimentais foram expressos em termos de razão de teor de água (X^*), dada pela relação entre as diferenças de teores de água no tempo, t , e teor de água de equilíbrio ($X(t) - X_{\text{eq}}$) e teores de água inicial e de equilíbrio ($X_i - X_{\text{eq}}$). Como descrito na Equação (1).

$$X^*(t) = \frac{X(t) - X_{\text{eq}}}{X_i - X_{\text{eq}}} \quad (\text{Eq.1})$$

Sendo que: X^* = razão de teor de água (adimensional); X_{eq} = teor de água de equilíbrio (base seca); $X(t)$ = teor de água (base seca); X_i = teor de água inicial (base seca).

As seis funções empíricas $f(t,a,b)$ apresentadas na Tabela 1, foram ajustadas aos conjuntos de dados experimentais, usando regressão não linear através do Software de Ajuste de Curvas LAB Fit (SILVA & SILVA, 2008). Os resultados, dos modelos empíricos, foram avaliados através dos indicadores estatísticos qui-quadrado, χ^2 (Equação 2) e coeficiente de determinação R^2 (BEVINGTON & ROBINSON, 1992; DA SILVA et al., 2008; TAYLOR, 1997; SILVA et al., 2018).

Onde: χ^2 é a função qui-quadrado; $X_{\text{exp},i}^*$ é a razão de umidade experimental; $X_{\text{pre},i}^*$ é a razão de umidade prevista pelo modelo; N é o número

de dados experimentais; e n é o número de coeficientes e constantes do modelo.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos para os modelos empíricos aplicados a cinética de secagem do pimentão amarelo.

Resultados e Discussão

Tabela 2 -Parâmetros obtidos pelos modelos matemáticos

Modelos	T (°C)	a	b
Handerson e Pabis	50	1,004	$0,5597 \times 10^{-2}$
	60	1,003	$0,5584 \times 10^{-2}$
	70	1,003	$0,5569 \times 10^{-2}$
	80	1,001	$0,5507 \times 10^{-2}$
Lewis	50	$0,5560 \times 10^{-2}$	-
	60	$0,5550 \times 10^{-2}$	-
	70	$0,5539 \times 10^{-2}$	-
	80	$0,5495 \times 10^{-2}$	-
Page	50	$0,4880 \times 10^{-2}$	1,0256
	60	$0,4949 \times 10^{-2}$	1,0225
	70	$0,5028 \times 10^{-2}$	1,0191
	80	$0,5359 \times 10^{-2}$	1,0050
Peleg	50	$1,607 \times 10^2$	0,7328
	60	$1,6338 \times 10^2$	0,7190
	70	$1,6622 \times 10^2$	0,7035
	80	$1,7026 \times 10^2$	0,6796
Silva et al.	50	$0,5698 \times 10^{-2}$	$-0,1603 \times 10^{-2}$
	60	$0,5670 \times 10^{-2}$	$-0,1377 \times 10^{-2}$
	70	$0,5636 \times 10^{-2}$	$-0,1114 \times 10^{-2}$
	80	$0,5501 \times 10^{-2}$	$-0,6958 \times 10^{-4}$
Wang e Singh	50	$-0,3860 \times 10^{-2}$	$0,3662 \times 10^{-5}$
	60	$-0,4011 \times 10^{-2}$	$0,4040 \times 10^{-5}$
	70	$-0,4160 \times 10^{-2}$	$0,4456 \times 10^{-5}$
	80	$-0,4493 \times 10^{-2}$	$0,5568 \times 10^{-5}$

Observa-se que o parâmetro “ a ” das equações empíricas, sofre tendência de aumento com aumento da temperatura do ar de secagem, exceto para os modelos de Handerson e Pabis, Lewis, Wang e Singh que diminuíram com o aumento da temperatura; e o modelo de Silva et al que não apresenta relação direta com a temperatura do ar de secagem. Comportamento semelhante é observado para o parâmetro “ b ”, onde o mesmo apresenta aumento na medida em que se eleva a temperatura do ar de secagem, no entanto, apenas o modelo de Wang e Singh apresenta comportamento diferente.

Na Tabela 3 está apresentando os valores obtidos para os indicadores estatísticos, qui-quadrado e coeficiente de determinação.

De acordo com os indicadores estatísticos, todos os modelos propostos apresentam coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,99 ($R^2 > 0,99$) em todas as temperaturas aplicadas, representando de forma satisfatória o processo de secagem

estudado. Em análise do qui-quadrado (χ^2), pode-se observar que o modelo de Wang e Singh apresenta os maiores valores, no qual variam de 1,2389 a $4,7295 \times 10^{-2}$ quando a temperatura do ar de secagem varia de 50 a 80°C.

O modelo de Page pode ser considerado como os de menores valores para a mesma função com variação de 0,3399 a $0,5183 \times 10^{-2}$ entre as temperaturas aplicadas. Sendo o modelo escolhido para representar o processo de secagem. O modelo de Peleg além de ter apresentado elevados R^2 e baixos χ^2 , segundo Silva et al. (2018), ele pode ser interpretado como uma equação resultante da lei de taxa de secagem de segunda ordem, que permite dar um significado físico aos parâmetros obtidos pelo ajuste de curvas (PAN et al., 2011; TAO et al., 2014).

Derlan et al. (2013), ao avaliarem o processo de secagem de pimenta cambuci nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, determinaram que o modelo de Midili foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. Silva et al.

(2018) verificaram que, o modelo de Handerson e Pabis foi o que melhor descreveu o processo

de secagem de pimentas nas temperaturas de 60 a 80°C.

Tabela 3. Indicadores estatísticos coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) obtidos pelo ajuste dos modelos matemáticos a cinética de secagem do pimentão amarelo

Modelos	T (°C)	R^2	$\chi^2 \times 10^{-2}$
Handerson e Pabis	50	0.9984	0,5552
	60	0.9983	0,5102
	70	0.9982	0,4730
	80	0.9981	0,3402
Lewis	50	0.9985	0,5646
	60	0.9984	0,5178
	70	0.9982	0,4786
	80	0.9981	0,3410
Page	50	0.9988	0,5183
	60	0.9987	0,4826
	70	0.9986	0,4523
	80	0.9989	0,3396
Peleg	50	0.9978	0,6888
	60	0.9982	0,5252
	70	0.9985	0,3808
	80	0.9985	0,2681
Silva et al.	50	0.9984	0,5482
	60	0.9983	0,5059
	70	0.9982	0,4710
	80	0.9981	0,3410
Wang e Singh	50	0.9900	4,7295
	60	0.9917	3,4837
	70	0.9929	2,5803
	80	0.9949	1,2389

Na Figura 1, pode-se observar o modelo Page como aquele que melhor descreve a cinética de secagem do pimentão amarelo para as temperaturas de ar de secagem aplicadas.

O aumento da temperatura do ar de secagem reduziu o tempo de secagem do

pimentão amarelo, cujos tempos são de 690, 630, 570 e 450 min, respectivamente. Segundo Melo et al. (2015), esse comportamento deve-se ao fato de as maiores taxas de remoção de água do produto ocorrerem nas maiores temperaturas, o que reduz o tempo de secagem.

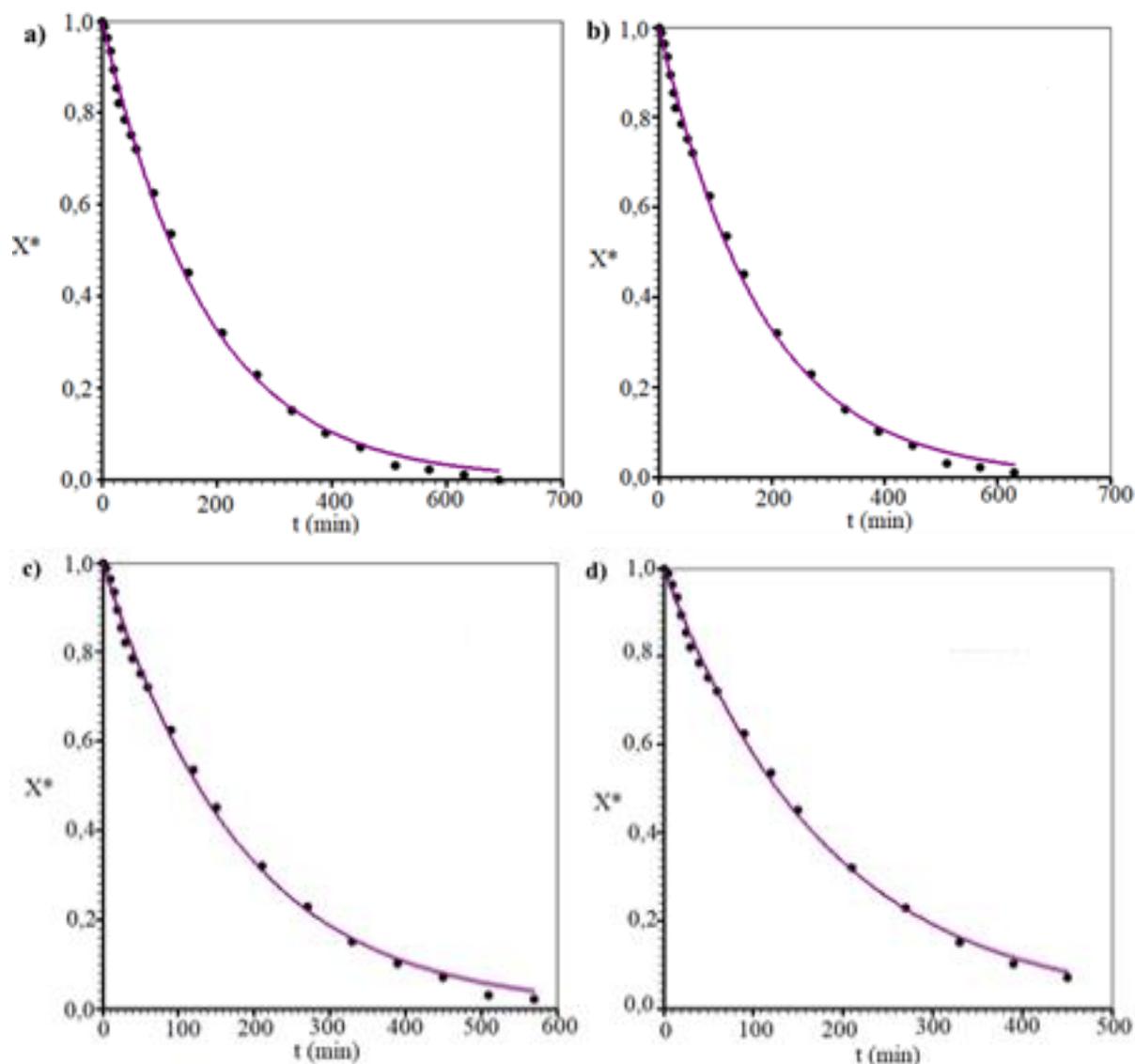


Figura 1. Simulação da cinética de secagem usando o modelo matemático empírico de Page nas temperaturas de: a) 50°C; b) 60°C; c) 70°C; e d) 80°C.

Conclusão

Em todas as temperaturas aplicadas, os modelos propostos apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,99, representando adequadamente o processo de secagem estudado. Sendo o modelo de Page o que melhor descreveu a cinética de secagem do pimentão amarelo para os tratamentos de secagem aplicados. O aumento da temperatura do ar de secagem aplicado proporcionou maior remoção de umidade do produto, implicando na redução do tempo de secagem.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela

concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

Referências

- ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmoconvectiva de pimentão verde. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.10, n.1, p.2022-2037, 2016.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18 ed. Gaithersburg, Maryland, 2005.
- BEVINGTON, P. R.; ROBINSON, D. K. *Data reduction and error analysis for the physical sciences*, 2nd ed. Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1992.
- BOGUSZ JUNIOR, S.; MARÇO, P. H.; VALDERRAMA, P.; DAMASCENO, F. C.; ARANDA,

- M. S.; ZINI, C. A.; CARAMÃO, E. B.; MELO, A. M. T.; GODOY, H. T. Analysis of volatile compounds in *Capsicum spp.* by headspace solid-phase microextraction and GC x GC-TOFMS. *Analytical Methods*, v.7, p.521-529, 2015.
- CELESTRINO, R. B.; ALMEIDA, J. A.; SILVA, J. P. T.; LUPPI, V. A. S.; VIEIRA, S. C. Novos olhares para a produção sustentável na agricultura familiar: avaliação da alface americana cultivada com diferentes tipos de adubações. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, v.3, n.1, p.66-87, 2017.
- DA SILVA, W. P.; MATA, M. E. R. M. C.; SILVA, C. D. P. S.; GUEDES, M. A.; LIMA, A. G. B. Comportamento da secagem de grãos de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) variedade sempre-verde, como base para a determinação da difusividade efetiva e energia de ativação. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.2, p.325-333, 2008.
- DERLAN, J. M.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; LEITE, A. L. M. P.; PASTRO, D. C. Kinetic analysis of drying of cambuci pepper in different temperatures and processing forms. *Enciclopédia Biosfera*, v.9, n.17, p.97-107, 2013.
- DIAMANTE, L. M.; IHNS, R.; SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, v.45, n.9, p.1956-1962, 2010.
- HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; LOZANO, C. S.; REZENDE, R. Características produtivas de duas cultivares de pimentão em substratos alternativos. *Cultura Agrônômica*, v.26, n.4, p.502-513, 2017.
- HERNANDEZ-CARRION, M.; HERNANDO, I.; QUILES, A. Tissue microstructure, physicochemical properties, and bioactive compound locations in different sweet pepper types. *Food Science and Technology International*, v.21, n.1, p.3-13, 2013.
- KALETA, A.; GÓRNICKI, K. Evaluation of drying models of apple (var. McIntosh) dried in a convective dryer. *International Journal of Food Science and Technology*, v.45, n.5, p.891-898, 2010.
- MELO, J. C. S.; PEREIRA, E. D.; OLIVEIRA, K. P.; COSTA, C. H. C.; FEITOSA, R. M. Study smell pepper drying kinetics in different temperature. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.10, n.2, p.09-14, 2015.
- MERCALI, G. D.; TESSARO, I. C.; NORENA, C. P. Z.; MARCZAK, L. D. F. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*, shum.). *International Journal of Food Science and Technology*, v.45, n.11, p.2281-2289, 2010.
- PAN, Z.; QU, W.; MAB, H.; ATUNGULU, G. G.; MCHUGH, T. H. M. Continuous and pulsed ultrasound- assisted extractions of antioxidants from pomegranate peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.18, n.5, p.1249-1257, 2011.
- SALLES, J. S.; STEINER, F.; ABAKER, J. E. P.; FERREIRA, T. S.; MARTINS, G. L. M. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.4, n.2, p.35-40, 2017.
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. *Revista Ceres*, v.61, n.1, p.829-837, 2014.
- SILVA, S. N.; MATOS, J. D. P.; SILVA, P. B.; COSTA, Z. R. T.; GOMES, J. P.; SILVA, L. P. F. R.; VIEIRA, A. F.; MELO, B. A.; PRIMO, D. M. B.; ALEXANDRE, H. V. Prediction of Mathematical Models of the Drying Kinetics and Physicochemical Quality of the Chili Pepper. *Journal of Agricultural Science*, v.10, n.12, p.377-384, 2018.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. LAB Fit Curve Fitting Software (Nonlinear Regression and Treatment of Data Program) V 7.2.50. 2008. Disponível em: www.labfit.net. Acesso em: 19 de março de 2019.
- SILVA, W. P.; NUNES, J. S.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Obtaining anthocyanin from jambolan fruit: Kinetics, extraction rate, and prediction of process time for different agitation frequencies. *Food Science & Nutrition*, v.6, p.1664-1669, 2018.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SOUSA, J. A. R.; FARIAS, V. S. O. Empirical and diffusion models to describe water transport into chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, v.48, n.2, p.267-273, 2013.
- TAO, Y.; ZHANG, Z.; SUN, DA-W. Experimental and modeling studies of ultrasound- assisted release of phenolics from oak chips into model wine. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.21, n.5, p.1839-1848, 2014.
- TAYLOR, J. R. An introduction to error analysis. 2nd ed. Sausalito, California: University Science Books. 1997.
- TRECHA, C. O.; LOVATTO, P. B.; MAUCH, C. R. Entraves do cultivo convencional e as potencialidades do cultivo orgânico do pimentão no Brasil. *Revista Thema*, v.14, n.3, p.291-302, 2017.

SUBSTÂNCIAS HÚMICAS SOB DIFERENTES APORTES DE PALHADA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM ARGISSOLO AMARELO EM LINHARES (ES)

Rakiely Martins da Silva¹
Iara Lopes²
Rafaela Martins da Silva³
Érika Flávia Machado Pinheiro⁴
Eduardo Lima⁵
David Vilas Boas de Campos⁶

¹Engenheira Agrônoma, UFRRJ/Campus Seropédica, rakiely@hotmail.com.br

²Doutora em Agronomia-Ciências do Solo, UFRRJ/Campus Seropédica, iara_m_lopes@hotmail.com

³Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais, UFRRJ/Campus Seropédica, rfeng.florestal@gamil.com

⁴Professora Associada I, Departamento de Solos, UFRRJ/Campus Seropédica, erika.solos@gmail.com

⁵Professor Titular, Departamento de Solos, UFRRJ/Campus Seropédica, edusolosrural@gmail.com

⁶Pesquisador da Embrapa Solos, david.campos@embrapa.com

Introdução

A produção de cana-de-açúcar é de suma importância no cenário econômico brasileiro, sendo o Brasil o maior produtor e exportador mundial da cultura. A cultura finalizou a safra do ano de 2017/2018 com uma produção de 633,3 milhões de toneladas, com uma queda de 3,6% quando comparada a safra do ano anterior (CONAB, 2018). A cultura é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol (CONAB, 2018). Além disso, no Brasil já existem Unidades Industriais que processam toda a biomassa da cana, para fabricar álcool de segunda geração e/ou gerar energia elétrica, tornando-se assim, uma nova fonte de renda das Usinas e Destilarias, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (DIAS et al., 2013). Ao processar toda a biomassa gerada pela cana-de-açúcar, os possíveis efeitos favoráveis sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo serão retardados (SILVA, 2017).

O grande desafio da produção de cana-de-açúcar é buscar sistemas de colheita que proporcionem altos rendimentos e que não aumentem os danos ambientais. A queima da palhada, realizada antes da colheita manual, é uma forma de manejo ainda utilizada na cultura da cana-de-açúcar em algumas regiões produtoras, com a premissa de eliminar resíduos vegetais e animais peçonhentos, facilitando o trabalho dos cortadores e do transporte dos toletes para a usina (AZANIA et al., 2006), além de provocar uma queda na população de larva de *Diatrea saccharalis* que parasitam a cultura (MACEDO & ARAÚJO, 2000).

Entretanto, esta prática pode ocasionar danos nocivos à saúde humana (LOPES & RIBEIRO, 2006), além de um aumento considerável na emissão de gases poluidores e causadores do efeito estufa (FIGUEIREDO & LA SCALA JUNIOR, 2011). Por outro lado, a colheita da cana crua (mecanizada) sem queima prévia e conservação de uma cobertura de resíduo vegetal (palhada) sobre o solo, pode contribuir para o aumento da produção da cana-de-açúcar (TAVARES et al., 2010).

Anualmente são adicionados nesse sistema cerca de 10 a 20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca sobre o solo, e têm-se um aporte de C (carbono) anual que varia de 4,7 a 9,4 Mg ha⁻¹ (SCHULTZ et al., 2010). Essa palhada da cana acumulada na superfície do solo pode trazer benefícios, em longo prazo, como a manutenção da fauna do solo, o aumento do teor de matéria orgânica no solo, a menor perda de umidade e menor susceptibilidade à erosão (SOUZA et al., 2005). A manutenção da palhada promove aumento nos estoques de carbono e nitrogênio no solo (PINHEIRO et al., 2010), afetando principalmente, a dinâmica do carbono e nitrogênio, a humificação da matéria orgânica (ABBRUZZINI, 2011).

A matéria orgânica é considerada um indicador chave de qualidade do solo. Pode ser dividida em matéria orgânica viva e morta. O componente vivo pode ser subdividido em raízes, fauna e microrganismos. No componente morto destaca-se o húmus que pode ser fracionado em ácidos húmicos, fúlvicos e humina. Os colóides orgânicos possuem cargas negativas que conferem características de troca catiônica muito superiores àquelas geradas pela fração mineral de elevada CTC, como as argilas

2:1 (SPOSITO, 1989). Além disso, possibilitam a formação de complexos organo-minerais e organometálicos, agregados estáveis (STEVENSON, 1982).

As diferentes frações de carbono orgânico humificado extraído do solo possuem características químicas, físicas e morfológicas diferenciadas e a distribuição destas frações no solo pode indicar, portanto a qualidade da matéria orgânica presente (CANELLAS & SANTOS, 2005).

O objetivo do trabalho é quantificar o conteúdo de carbono nas substâncias húmicas sob diferentes aportes de palhada de cana-de-açúcar, num Argissolo Amarelo, em Linhares (ES).

Material e Métodos

O estudo foi realizado em área experimental instalada na Usina Linhares Agropecuária S. A. localizada no município de Linhares (Espírito Santo), situado entre os paralelos 19°06' e 19° 18' de latitude Sul e os meridianos 39° 45' e 40° 19' de Longitude Oeste. A altitude local é de 28 m. De acordo com a divisão regional do Estado, o município de Linhares faz parte da zona fisiográfica denominada Baixo Rio Doce (EMBRAPA/SNLCS, 1978). Esta região pertence afeição geológica Tabuleiros Costeiros, que se caracterizam pela ocorrência de extensas áreas de relevo suave ondulado onde uma série de baixos platôs compõe o chamado relevo tabuliforme (SANTOS et al., 2004).

O clima da região corresponde ao tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A estação chuvosa

geralmente vai de outubro a abril, e a época seca abrange os meses de junho, julho e agosto, podendo se estender até setembro (SILVA, 2000).

O experimento foi instalado em setembro de 2017 para avaliar o efeito das diferentes formas de manejo da palhada da cana-de-açúcar colhida sem queima. Cada parcela constou de 8 linhas de cultivo da cana-de-açúcar espaçadas por 1,5 m e com 10 m de comprimento, totalizando 120 m²/parcela, em uma área experimental cultivada desde 2015 com a variedade RB-966928.

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições, totalizando 16 parcelas experimentais. Os tratamentos constituíram-se de quatro diferentes formas de manejo da palhada da cana-de-açúcar, colhida sem queima (colheita mecanizada), T100%: corte da cana sem queima da palhada (cana crua), totalizando 8,5 Mg ha⁻¹ de palhada espalhada na superfície do solo; T50%: corte da cana sem queima, com remoção de 50% da palhada e distribuição de 4,3 Mg ha⁻¹ de palha da sobre a superfície do solo; T25%: corte da cana sem queima, com remoção de 75% da palhada e distribuição de 2,1 Mg ha⁻¹ de palhada sobre a superfície do solo; e T0%: corte da cana sem queima, com remoção de toda a palhada da superfície do solo.

Em cada tratamento, depois do dimensionamento de cada parcela, a palhada foi recolhida da superfície do solo e pesada, para determinar a quantidade correspondente a cada tratamento e em seguida, distribuída em cada parcela experimental, como observa-se na Figura 1.

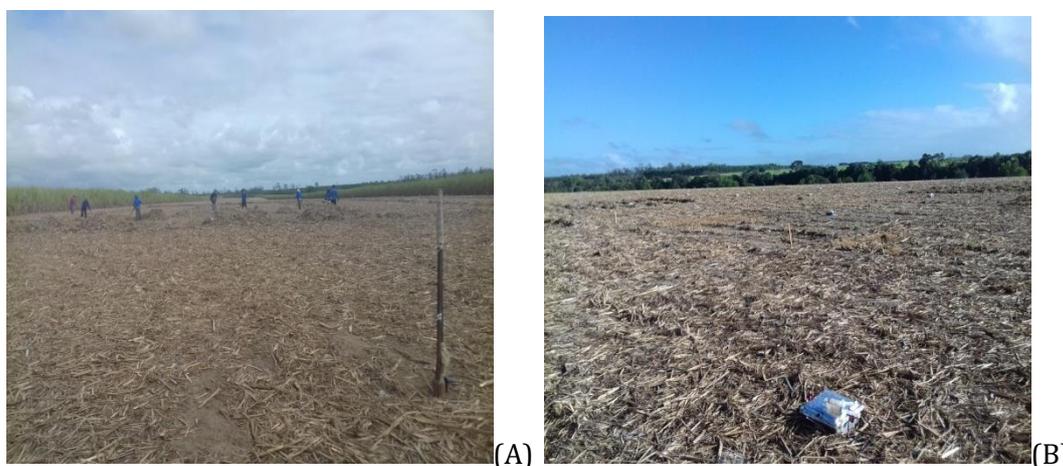


Figura 1. Detalhe da área experimental em Linhares (ES) com a instalação dos tratamentos (A) e a distribuição da palhada nos seus respectivos tratamentos (B).

Foram abertas quatro trincheiras de 1,0 x 1,20 x 1,20 m sob cada tratamento (Figura 2A). As amostras de terra foram coletadas das quatro paredes de cada trincheira, formando uma

amostra composta, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm (Figura 2B).



Figura 2. Detalhe da abertura das trincheiras na área experimental pelas máquinas agrícolas (A) e; da coleta de amostras de terra até 100 cm de profundidade (B).

As amostras de terra, foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de diâmetro de 2mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). O fracionamento químico foi realizado de acordo com a metodologia de Benites et al. (2003), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Foram obtidas as frações húmicas de ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (H).

Para a extração das substâncias húmicas, pesou-se o equivalente a 1g de TFSA, e transferiu-se para um tubo Falcon de 50 mL. Em seguida, foram acrescentados 20 mL da solução extratora de hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$). O tubo Falcon foi agitado, manualmente, e colocado em repouso por 24 h. Após o repouso o material foi centrifugado por 30 minutos em 5000 RPM.

O processo de centrifugação separou a fração humina das demais frações (ácido fúlvico

e ácido húmico). Dessa forma, após a separação, o sobrenadante foi recolhido em copo de plástico descartável de 50 mL e reservado. No mesmo tubo Falcon, com o solo precipitado, adicionou-se mais 20 mL de hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e agitou-se, manualmente, até o desprendimento e ressuspensão do solo precipitado. Foi deixado em repouso por 1 h e depois centrifugado novamente por 30 min. Após, recolheu-se o sobrenadante juntando-o ao extrato previamente reservado (extrato alcalino pH 13). O pH do sobrenadante foi ajustado para pH 1 ($\pm 0,1$), pela adição da solução de ácido sulfúrico a 20%, utilizando-se tubo Falcon de 50 ml (Figura 3A). Depois do período de decantação de 18 h, o material foi centrifugado, novamente, separando a fração AF da fração AH (Figura 3B). A fração sobrenadante AF foi transferida para outro tubo Falcon.

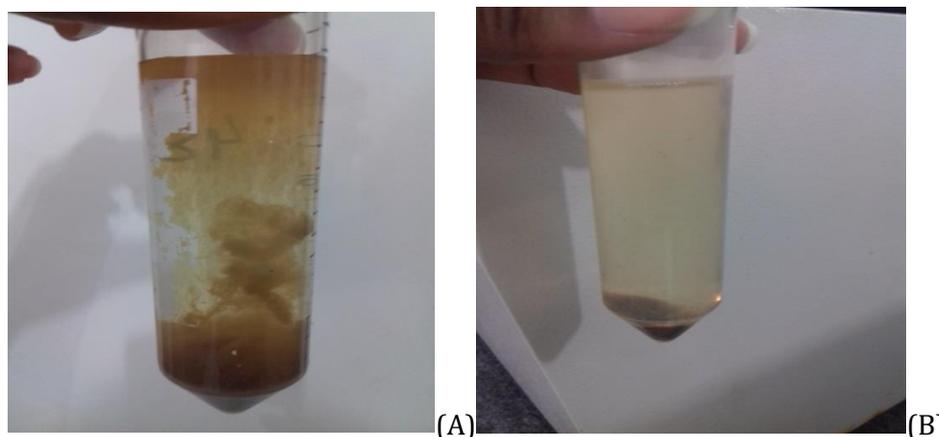


Figura 3. Separação da fração ácido fúlvico da fração ácido húmico, após a adição de ácido sulfúrico (A). Detalhe da fração ácido húmico sedimentada, após a coagulação (B).

O volume das amostras de AF foi aferido até 50 mL, usando água destilada. Nas amostras de AH adicionaram-se 20 ml de hidróxido de sódio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) sobre o precipitado até o completo desprendimento. O volume final também foi aferido para 50 mL usando água destilada. O resíduo (solo) resultante das extrações alcalina foi cuidadosamente retirado do tubo Falcon e colocado em estufa aquecida a 65°C , até a secagem completa para a determinação do teor de carbono da fração humina.

Para determinação do teor de carbono na fração humina, transferiu-se, quantitativamente (sem perdas de material), todo o precipitado (solo) dos tubos de centrífuga para Erlemeyer de 125 ml. No Erlemeyer foram adicionados 5 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($0,1667 \text{ mol L}^{-1}$) e 10 mL de H_2SO_4 concentrado a cada amostra. Paralelamente, em quatro Erlemeyers vazios (sem solo) foi realizado o mesmo procedimento para a obtenção dos brancos. Os Erlemeyers com as amostras da fração humina foram levados para a chapa aquecedora à 150°C e aquecido por 30 minutos. Para a titulação foram adicionadas três gotas do indicador ferroin e titulou-se com sulfato ferroso amoniacal ($0,25 \text{ mol L}^{-1}$).

Para determinação do teor de carbono orgânico nas frações AF e AH seguiu-se os mesmos procedimentos para determinação da fração humina. Transferiram-se alíquotas de 5,0 ml do extrato alcalino para Erlenmeyer e adicionaram-se 1 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($0,042 \text{ mol L}^{-1}$) e 5 mL de H_2SO_4 concentrado. Também foi feito o mesmo procedimento para o branco.

Os tratamentos constituíram-se de quatro diferentes formas de manejo da palhada da cana-de-açúcar, colhida sem queima (colheita mecanizada). O efeito dos diferentes manejos de palhada na quantidade de carbono das frações húmicas do solo fora avaliado a partir de análises de regressão. As equações de regressão foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de regressão ($P=0,05$) e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2). Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio do programa estatístico R (versão 3.5.2; pacote ExpDes).

Resultados e Discussão

O teor de carbono nas substâncias húmicas sob diferentes sistemas de manejo da palhada está apresentado na Figura 4. A fração AH apresenta um comportamento linear em relação à adição de palhada, na profundidade 0-

5 cm. Isso demonstra que, toda a palhada deve ser depositada na superfície para que se tenha a preservação e aumento do teor de C nessa fração. Os teores de carbono na fração AH diminuem em profundidade, como é comum de se observar em solos tropicais.

Dentre todas as frações humificadas, a fração humina é a que se destaca, apresentando maiores teores de carbono em todas as profundidades estudadas. Na profundidade de 5-10 cm, observa-se quase 3 g C Kg^{-1} de solo nessa fração.

A fração humina apresenta estatisticamente ($P=0,05$), um maior teor de carbono na profundidade 5-10 cm, para o tratamento que deposita a metade da palhada (T50%) na superfície do solo. Os maiores teores de C na fração humina para o tratamento T50% também se observa na profundidade de 0-5 e 20-30 cm, porém não se constata diferença estatística.

A fração humina representa a matéria orgânica intimamente ligada à fração mineral do solo, e por isso, insolúvel tanto em meio ácido, como em meio alcalino (BENITES et al., 2003). Apresenta uma baixa reatividade e é responsável pela agregação das partículas, compondo boa parte do carbono humificado na maioria dos solos tropicais (BENITES et al., 2003). Ao avaliarem diferentes sistemas de colheita de cana-de-açúcar, em solos sob a feição geológica de Tabuleiros Costeiros no Espírito Santo, Mendoza et al. (2000) também verificaram que, a manutenção da palhada na superfície do solo aumentou os teores de C na fração humina e na fração AF na matéria orgânica. Assis et al. (2006), ao quantificar o teor de carbono da fração humina em diferentes sistemas de manejo de solo, observaram que quando não há perturbação do solo, há maior polimerização de compostos húmicos, o que aumenta a proporção de AH em relação à AF.

As diferentes quantidades de palhada de cana pouco contribuíram para as variações na fração ácido fúlvico (AF). No entanto, pode-se observar na Figura 4, que em superfície, os teores de ácido húmico e fúlvico são bem próximos, já em profundidade (30-40 cm) os teores de AF destacam-se em relação ao AH. A solubilidade da fração AF ajuda a explicar esse comportamento, pelo fato de os AF representarem a fração mais lábil, móvel e solúvel dentre as frações húmicas do solo. Também é devido ao baixo peso molecular da fração AF, que migra facilmente no perfil do solo, em especial, nos solos Argissolos e

Espodossolos (horizonte A e/ou camada E arenosa), onde a fração AF migra e fica depositada no horizonte B (horizonte argiloso). Isso explica o comportamento observado na profundidade de 30-40 cm, onde ocorre uma inversão na quantidade de C dessas frações. As frações AF tendem a formar complexos com cátions metálicos (fulvatos) (BENITES et al., 2003), translocando esses metais ao longo do perfil do solo.

Em regiões de clima tropical, com elevadas temperaturas e precipitações é mais comum observar maiores teores de AF em detrimento do AH. No entanto, neste estudo, os valores do AF e AH mostram-se semelhantes nas camadas superficiais. Os AH, possuem maior quantidade de estruturas aromáticas e consequentemente, maiores graus de condensação, o que dificulta a ocorrência de modificações e necessitando de mais tempo para serem formados (SANCHES, 2007).

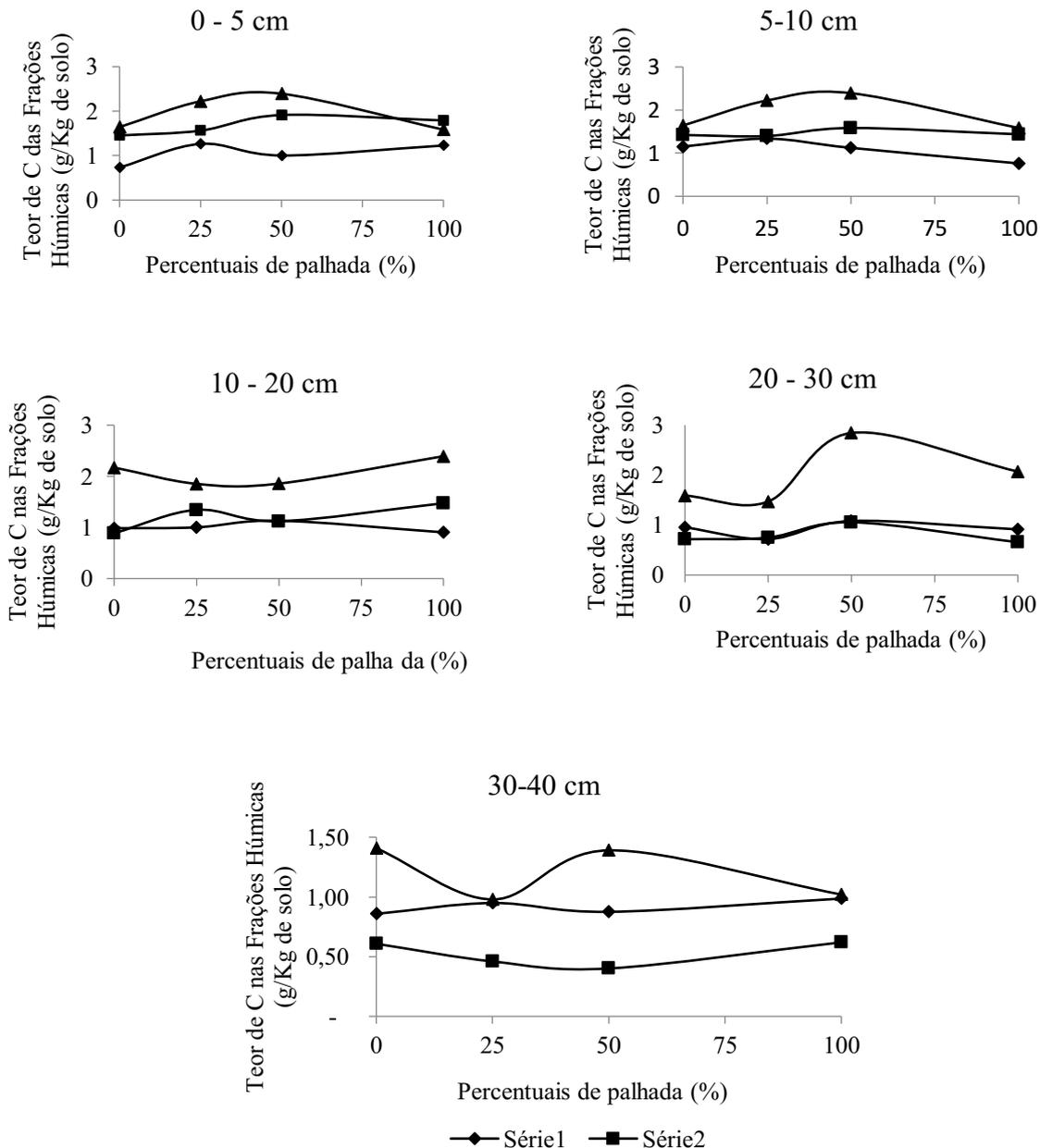


Figura 4. Teores de carbono nas frações ácido fúlvico (AF), ácido húmico (AH) e humina (H) sob diferentes percentuais de palhada da cana-de-açúcar sob um Argissolo Amarelo, em Linhares (ES).

A dinâmica da MOS é influenciada de forma direta pelo tipo de clima, de solo e gestão

e uso da terra. Esses fatores interagem entre si e controlam a qualidade e quantidade do

material orgânico no solo (FELLER & BEARE, 1997). Em condições de temperaturas elevadas e boa aeração, a mineralização ocorre rapidamente. Se o clima for mais seco e frio, maior será o acúmulo de húmus no solo. Assim, em regiões de clima quente, as condições são favoráveis para o aumento da atividade microbiana, resultando geralmente, em um solo pobre em matéria orgânica (SALOMÃO & ANTUNES, 1998).

O tempo de decomposição da palhada da cana pode variar de 12 a 14 meses, a depender da variedade utilizada e das condições edafoclimáticas as quais se encontram. Em regiões de clima tropical a taxa de decomposição pode ser até 10 vezes maior quando comparada com as regiões de clima temperado (THORBURN et al., 2011). Com isso, percebe-se que Provavelmente, as condições edafoclimáticas da região de estudo favorecem a decomposição rápida da palhada, num curto espaço de tempo, não havendo tempo suficiente para a estabilização completa das frações húmicas, uma vez que o clima predominante da região é tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com elevadas temperaturas.

De acordo com Mendonza et al. (2000), o aumento no teor de C no solo, apresenta correlação direta entre o estoque de C e formação de substâncias húmicas no solo, sendo este aumento devido os compostos aromáticos, fenólicos, principalmente (STEVENSON, 1994). Canellas et al. (2003) observaram um incremento no conteúdo de substâncias húmicas de 116% em superfície e 468% em subsuperfície devido ao manejo sem queima após 55 anos de cultivo de cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes (RJ). Blair et al. (1998), em estudo de curta duração (12 meses) não observaram aumento no teor de C no solo no Estado de Pernambuco, Brasil. Pode-se observar com esses estudos uma expressiva e estreita relação entre os estoques de C orgânico no solo e o fator clima (FELLER & BEARE, 1997). Outro destaque é com relação ao tempo de condução do experimento que influencia na estabilização da MOS.

Conclusão

As frações húmicas da matéria orgânica do solo são influenciadas pelo manejo da palhada da cana-de-açúcar.

A camada superficial do solo foi a mais sensível na manutenção e/ou aumento dessas substâncias húmicas.

Recomenda-se a manutenção de, no mínimo, a metade da palhada da cana para a preservação e/ou manutenção das frações húmicas da matéria orgânica do solo.

Referências

- ABBRUZZINI, T. F. Qualidade e quantidade da matéria orgânica do solo em cultivo convencional e orgânico de cana-de-açúcar. 92f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2011.
- ASSIS, C. P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.1541-1550, 2006.
- AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M.; PAVANI, M. C. M. D.; ALVES, P. L. C. A. Desenvolvimento da tiririca (*Cyperusrotundus*) influenciado pela presença e ausência de palha de cana-de-açúcar e herbicidas. Planta Daninha, v.24, n.1, p.29-35, 2006.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.7, 2003. (Comunicado Técnico, 16).
- BLAIR, G. L.; CHAPMAN, L.; WHITBREAD, A. M.; BALL-COELHO, B.; LARSEN, P.; TIESSEN, H. Soil carbon changes resulting from sugarcane trash management at two locations in Queensland, Australia, and in North-east Brasil. Australian Journal of Soil Research, v.36. p.873-881, 1998.
- SALOMÃO, F. X.; ANTUNES, F. S. Solos. São Paulo. In: Geologia de Engenharia, São Paulo: ABGE, p. 8-92, 1998.
- SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. O. Fundamentos da matéria orgânica: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, cap.3, p.27-39, 1999.
- CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.935-944, 2003.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes. 2005. 345p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-

- de-Açúcar. Sexto Levantamento. Brasília, p.1-14, 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 18 janeiro de 2019.
- DIAS, M. O. S.; JUNQUEIRA, T. L.; CAVALETT, O.; PAVANELLO, L. G.; CUNHA, M. P.; JESUS, C. D. F.; FILHO, R. M.; BONOMI, A. Biorefineries for the production of first and second generation ethanol and electricity from sugarcane. *Applied Energy*, v.109, p.72-78, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de Análise de solo. EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FELLER, C.; BEARE, M. H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geodemav*, v.79, p.69-116, 1997.
- FIGUEIREDO, E. B.; LA SCALA JUNIOR, N. Greenhouse gas balance due to conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.141, n.1-2, p.77-85, 2011.
- LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.9, n.2, p.215-225, 2006.
- LOPES, I. M. Manejo da palhada da cana-de-açúcar na região sul e sudeste brasileira: quantidade necessária para a manutenção da qualidade do solo e produtividade agrícola. 100f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018.
- MACEDO, N.; ARAÚJO, J. R. Efeitos da queima do canavial sobre os insetos predadores. *An. Soc. Entomol. Bras.*, v.29, n.1, p.71-77, 2000.
- MENDOZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palha da. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, n.1, p.201-207, 2000.
- PINHEIRO, E. F. M.; LIMA, E.; CEDDIA, M. B.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Impact of pre-harvest burning versus trash conservation on soil carbon and nitrogen stocks on a sugarcane plantation in the Brazilian Atlantic forest region. *Plant & Soil*, v.333, p.71-80, 2010.
- PINHEIRO, E. F. M. Fracionamento físico e caracterização da Matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. 98f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2007.
- SANCHES, S. M.; CAMPOS, S. M.; VIEIRA, E. M.; Caracterização das frações das substâncias húmicas de diferentes tamanhos moleculares. *Enciclopédia São Paulo*, v.32, p.49-56, 2007.
- SANTOS, R. D.; BARRETO, W. O.; SILVA, E. F.; ARAÚJO, W. S.; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L.; SOUZA, J. L. R.; PÉREZ, D. V.; SOUZA, J. S. Levantamento expedito dos solos das reservas florestais de Linhares e Sooretama no estado do Espírito Santo. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 49. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 2004. 68p.
- SCHULTZ, N.; LIMA, E.; PEREIRA, M.G. E.; ZONTA, E. Efeito residual da adubação de cana planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima de palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.811-820, 2010.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.) *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: Embrapa-CPAC, p.467-524. 1997.
- SILVA, L. A. da. Efeitos da renovação do canavial com diferentes sistemas de colheita, implantado com cultivo mínimo, sobre as propriedades químicas do solo, análise do crescimento, produtividade e acúmulo de nitrogênio em cana soca. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2000.
- SILVA, R. M.; Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em diferentes manejos de palhada de cana-de-açúcar e mata nativa no noroeste do Paraná – Brasil. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2017.
- SILVA, L. M. V.; PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. *Energia na Agricultura*, v.14, p.13-24, 1999.
- SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. Sistemas de colheita e manejo da palha da de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, p.271-278, 2005.
- STEVENSON, F. J. *Humus Chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1994. 512p.
- TAVARES, O. C. H.; LIMA, E.; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.32, n.1, p.61-68, 2010.
- THORBURN, P. J.; MEIER, E. A.; COLLINS, K.; ROBERTSON, F. A. Changes in soil carbon

sequestration, fractionation and soil fertility in response to sugarcane residue retention are

site-specific. *Soil & Tillage Research*, v.120, p.99–111, 2012.

Curriculum dos Organizadores

Paulo Roberto Megna Francisco: Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC.

Paulo da Costa Medeiros: Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II (1995), mestrado em Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba - Campus II (1997) e doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2011). Atualmente é Professor Adjunto IV da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Hidráulica. Atuando principalmente nos temas Transformada de Wavelet Contínua, Hidrograma, gestão de recursos hídricos.

George do Nascimento Ribeiro: Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

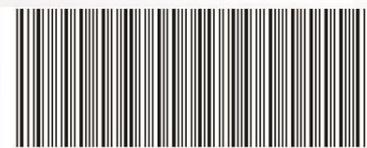


® Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



 **CNPq**
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico


CAPES



978-65-86474-00-8