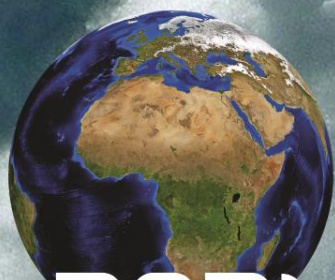




Água: Uso Racional e Sustentável

**PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO
JOSÉ DANTAS NETO**

ORG.



2021

*Água:
uso racional e
sustentável*

A282 Água: uso racional e sustentável/Org.: Francisco & Dantas Neto

— Campina Grande: EPTEC, 2021.
113 f.: il. color.

ISBN: 978-65-00-27398-4

1. H₂O. 2. Consumo humano. 3. Qualidade da água. 4. Irrigação.
5. Potencial de uso. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II.
Dantas Neto, José. III. 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 das Imagens da capa e dos capítulos

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UFPB)

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
José Dantas Neto

Água: uso racional e sustentável



1.a Edição
Campina Grande-PB
2021

Realização

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



Apoio



Universidade Federal
de Campina Grande



Sumário

<i>Capítulo I.....</i>	<i>6</i>
<i>Perspectiva do uso da água na agricultura de região semiárida do Estado da Paraíba</i>	<i>6</i>
<i>Capítulo II.....</i>	<i>23</i>
<i>Teste de qualidade microbiológica das águas minerais envasadas e comercializadas na região metropolitana de Recife-PE.....</i>	<i>23</i>
<i>Capítulo III.....</i>	<i>38</i>
<i>Manejo e conservação dos solos na recuperação de área degradada em APP pluvial na bacia do Paraíba do Norte.....</i>	<i>38</i>
<i>Capítulo IV.....</i>	<i>49</i>
<i>Utilizando o método de Pearson para análises das estimativas hídricas no Alto Curso do rio Paraíba.....</i>	<i>49</i>
<i>Capítulo V.....</i>	<i>61</i>
<i>Uso racional da água em sistemas de dessalinização instalados na região semiárida brasileira</i>	<i>61</i>
<i>Capítulo VI.....</i>	<i>82</i>
<i>Água saneamento e saúde: prevalência de algumas doenças de veiculação hídrica no Brasil...</i>	<i>82</i>
<i>Capítulo VII.....</i>	<i>93</i>
<i>Irrigação atual e potencial de expansão em região semiárida-Paraíba-Brasil.....</i>	<i>93</i>
<i>Curriculum dos Organizadores e Autores.....</i>	<i>109</i>



Capítulo 1

Perspectiva do uso da água na agricultura de região semiárida do Estado da Paraíba

***Paulo Roberto Megna Francisco
Viviane Farias Silva
José Dantas Neto
Djail Santos
Vera Lúcia Antunes de Lima***

Água e a irrigação

Estima-se que a população mundial se eleve para 8,3 bilhões dentro de 17 anos, em 2030, e para 9,1 bilhões, em 2050 (UN DESA, 2009). O crescimento esperado para 2030 acarreta um cenário em que a demanda por alimentos aumentará em 50%, e o estimado para 2050 aumentará tal necessidade para 70% (BRUINSMA, 2009).

De acordo com a FAO (2013), a área irrigada no mundo chegava a 310 milhões de hectares, sendo que 70% desse total estavam localizados na Ásia, o que equivalia a 35% das terras cultivadas naquele continente. A Índia é o país com a maior área irrigada do mundo, 66 milhões de hectares, seguida pela China e pelos Estados Unidos, com 62 e 27 milhões de hectares, respectivamente. De acordo com a FAO (2011), em nível mundial, o uso de água para irrigação é proveniente de águas superficiais (61%) e de águas subterrâneas (38%). O potencial de expansão da agricultura irrigada em nível mundial é estimado pela FAO em cerca de 200 milhões de hectares.

A prática da irrigação no mundo ocorre desde as antigas civilizações, notadamente nas que se desenvolveram em regiões secas como no Egito e na Mesopotâmia. Em regiões de características físico-climáticas mais favoráveis, a agricultura tendeu a se desenvolver inicialmente em regiões onde a quantidade e a distribuição espacial e temporal das chuvas são capazes de suprir a necessidade das culturas, de forma que a irrigação passou a emergir em períodos mais recentes (ANA, 207).

O Brasil, considerado um dos principais celeiros da produção de alimentos, fibras e biocombustíveis, e dono de aproximadamente 12% das águas doces superficiais do planeta, tem papel significativo na produção agrícola mundial, não podendo se eximir do compromisso de produzir com responsabilidade e dentro dos preceitos de sustentabilidade. Além disso, embora abundante, a disponibilidade hídrica superficial no Brasil não é homogênea. Há regiões onde a disponibilidade é menor, porém com grande demanda, levando, em alguns casos, ao conflito pelo uso da água. Assim, a ocupação do território brasileiro por agricultura irrigada deve considerar esses fatores, de modo a garantir água em quantidade e qualidade, visando o sucesso do empreendimento e minimizando o conflito com outros usuários (FAO, 2017).

Conforme as previsões da Un Water (2009), até 2050 haverá um crescimento da demanda por fontes hidroelétricas e outros recursos energéticos de 60%. Essas duas questões, produção agrícola e pecuária de alimentos e energia, estão vinculadas. No mesmo período haverá necessidade de produção de alimentos, de fibras e de combustíveis pela agropecuária, e a produção agrícola e pecuária necessitará de água e energia para garantir uma produção sustentável.

Globalmente, a produtividade obtida com a prática da agricultura irrigada é 2,7 vezes maior do que a obtida pela agricultura tradicional – de sequeiro –, que é dependente das irregularidades próprias das águas das chuvas. Por isso, a prática da irrigação, que possibilita melhorar o manejo da produção e da disponibilidade de água – em quantidade, em qualidade e em oportunidade – e auxilia na eficácia da oferta dos insumos aos cultivos, desempenhará um crescente e fundamental papel na produção agrícola e pecuária (CHRISTOFIDIS, 2013).

Apesar dessa enorme importância da agricultura irrigada para a humanidade, o insumo primordial dessa técnica de produção, a água, um recurso finito e limitado, tem sofrido crescente demanda, das mais diversas origens, em um cenário com poucas perspectivas e visível escassez (FAO, 2017).

A FAO estimou um aumento de 11% na demanda de água pela agricultura irrigada no período entre 2008 e 2050. A previsão é de que a necessidade de recursos hídricos se eleve em cerca de 5% (CONGROVE & COSGROVE, 2012).

A estimativa de potencial para acréscimo na área mundial dominada por sistemas de irrigação – que atualmente é de 304 milhões de hectares – é de cerca de 180 milhões de hectares e considera a possibilidade de incorporação das áreas potenciais brasileiras para desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada, que representam um adicional, à atual área irrigada, de cerca de 25 milhões de hectares. Ou seja, o Brasil detém um potencial da ordem de 14% das capacidades mundiais de incorporação de novas áreas à agricultura irrigada (CHRISTOFIDIS, 2013).

Grande parte das áreas com potencial para serem utilizadas na agricultura irrigada certamente se encontra entre os cerca de 55 milhões de hectares (CONAB, 2014) já ocupados pela agricultura de sequeiro, especialmente para a produção de grãos, cana de açúcar e café. Isso sem falar em áreas de pastagens, que ocupam algo próximo a 160 milhões de hectares. Ou seja, investir em agricultura irrigada sustentável não significa necessariamente em se buscar novas fronteiras agrícolas, ou desmatar áreas intocadas. Pelo contrário, significa, antes de mais nada, empregar novas tecnologias e intensificar a produção em áreas de agricultura e pecuária já existentes, até mesmo porque os custos de ocupação dessas áreas tendem a ser menores se comparados ao da abertura de novas fronteiras agrícolas (FAO, 2017).

De acordo com Christofidis (2013), quando comparadas as superfícies agrícolas dos 15 principais cultivos, na área plantada no Brasil, verifica-se que os principais méritos do aumento da produção brasileira são especialmente os associados ao incremento de produtividade na maioria dos cultivos.

Entre os principais fatores do crescimento da produtividade situam-se os investimentos em modernização – implantação de equipamentos de irrigação, sementes melhoradas, variedades de maior resposta, racionalização do plantio, aplicação de alta tecnologia, manejo do sistema de produção e desenvolvimento de capacidades dos produtores (CHRISTOFIDIS, 2013).

Ainda de acordo com Christofidis (2013), a evolução da superfície dominada com sistemas de irrigação e drenagem destinados à agricultura, no Brasil, nos últimos 32 anos (1975–2006), demonstra crescimento de 1,1 para 4,45 milhões de hectares. Na região Nordeste, houve a expansão da área atendida com sistemas de irrigação localizada (gotejamento e micro aspersão) de 55,2 mil hectares, em 1996, para uma superfície da ordem de 103 mil hectares, em 2006.

Clima e agricultura irrigada

A agricultura irrigada é um uso consuntivo da água, ou seja, altera suas condições na medida em que é retirada do ambiente e a maior parte é consumida pela evapotranspiração das plantas e do solo, não retornando diretamente aos corpos hídricos. Embora o ciclo hidrológico seja fechado, esse consumo significa que a água é indisponibilizada para outras aplicações naquela localidade no curto espaço de tempo (ANA, 2017).

Na Figura 1 pode-se observar os principais processos naturais e de intervenção humana na interface ciclo hidrológico - agricultura irrigada, como a chuva, o armazenamento de água, a captação ou interceptação nos corpos hídricos, a evapotranspiração das culturas e da vegetação nativa, a infiltração profunda e o escoamento superficial (ANA, 2017).

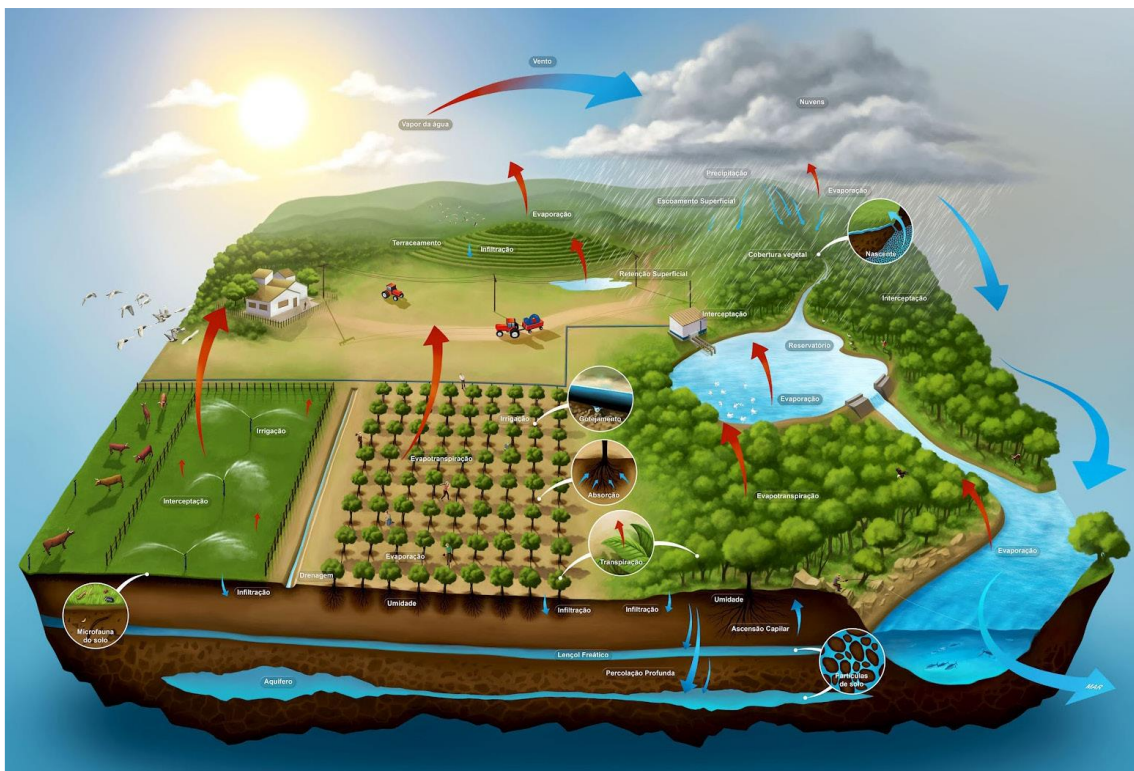


Figura 1. Ciclo hidrológico e agricultura irrigada. Fonte: ANA (2017).

A precipitação total anual sobre a superfície terrestre tem-se mantido em cerca de 110.000 km³. Parte dela é denominada “água azul”, correspondendo à porção de precipitação (40%), que alimenta os cursos de água e que serve de recarga aos aquíferos profundos, sendo objeto do foco tradicional da gestão dos recursos hídricos; e equivale a uma oferta anual da ordem de 44.000 km³ (MOLDEN, 2007).

A agricultura é uma atividade econômica dependente, em grande parte, do meio físico. Uma região apresenta várias sub-regiões com distintas condições de solo e clima e, portanto, com distintas aptidões para produzir diferentes bens agrícolas (GLERIANI, 2000). O uso adequado do solo é o primeiro passo em direção a uma agricultura sustentável. Para isso, deve-se empregar os solos de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica (HUDSON, 1971).

O Brasil por ser um país continental e possuir condições adequadas para o desenvolvimento agrícola (solos e clima), destaca-se atualmente como um dos principais produtores e exportadores de diversos produtos agrícolas. Entretanto, devido à sua grande extensão territorial, é comum que ocorra no país adversidades climáticas que podem afetar direta ou indiretamente a produção agrícola dos diversos produtos produzidos, tais como seca, granizo, geadas, vendaval, chuvas em excesso, dentre outras (EMBRAPA, 2008).

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de fatores integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia (SLEIMAN, 2008).

Vale ressaltar, que dentre as adversidades climáticas existentes no Brasil, a seca é hoje a que causa maior impacto. As deficiências hídricas, associadas aos períodos de longa estiagem durante a estação chuvosa, constituem uma das principais causas das quebras de safras no país, principalmente nos Estados situados na região Nordeste (EMBRAPA, 2008).

O clima de qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo, não se apresenta com as mesmas características em cada ano (SORIANO, 1997). Dentre os elementos do clima de áreas tropicais, a precipitação pluviométrica é o que mais influencia a produtividade agrícola (ORTOLANI & CAMARGO, 1987), principalmente nas regiões semiáridas, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (SANTANA et al., 2007), e conforme Silva (2004), em função disto a sazonalidade da precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco a seis meses no período chuvoso (PONTES et al., 2013).

Diversos fatores contribuem para a necessidade de irrigação. Em regiões afetadas pela escassez contínua de água, como no Semiárido brasileiro (Figura 2), a irrigação é fundamental, ou seja, uma parte importante da agricultura só se viabiliza mediante a aplicação artificial de água. Em regiões afetadas por escassez em períodos específicos do ano, como na região central do País (entre maio e setembro), diversas culturas viabilizam-se apenas com a aplicação suplementar de água nesses meses, embora a produção possa ser realizada normalmente no período chuvoso (ANA, 2017).



Figura 2. Delimitação da região semiárida brasileira. Fonte: ANA (2019).

Irrigação e potencial agrícola no Nordeste

De acordo com Sampaio et al. (2011), nas últimas décadas, a irrigação tem desempenhado papel indispensável ao incremento da produtividade de culturas básicas, possibilitando o desenvolvimento econômico de muitas regiões, e ao mesmo tempo incorporando novas áreas ao processo produtivo, garantindo com isso, o abastecimento interno e ampliando as exportações de produtos agrícolas. O uso da irrigação viabiliza a produção agrícola especialmente em áreas áridas e semiáridas, como no caso do Nordeste brasileiro, onde

Francisco & Dantas Neto (2021)

a escassez hídrica representa uma séria limitação para o desenvolvimento socioeconômico, que se traduz em baixos níveis de renda e padrões insatisfatórios de nutrição, saúde e saneamento de parcela representativa da sua população (AMARAL, 2005).

Embora o crescimento da atividade resulte, em geral, em aumento do uso da água, diversos benefícios podem ser observados, tais como o aumento da produtividade, a redução de custos unitários, a atenuação de riscos climáticos/meteorológicos e a otimização de insumos e equipamentos. A irrigação também é fundamental para o aumento e a estabilidade da oferta de alimentos e consequente aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira. Tomate, arroz, pimentão, cebola, batata, alho, frutas e verduras são exemplos de alimentos produzidos sob alto percentual de irrigação (ANA, 2017).

Conforme Sousa et al. (2003), a produção agrícola é fortemente influenciada pelas condições edafoclimáticas do local e tem sido um dos principais fatores limitantes da produção. E dependendo da disponibilidade e da qualidade dos solos, a capacidade produtiva do setor agrícola pode ser ainda mais limitante.

A produção agrícola no semiárido do Nordeste brasileiro, principalmente no estado da Paraíba é fortemente dependente da precipitação pluviométrica, e, por conseguinte, as suas variações provocam graves prejuízos na agricultura do Estado. O Nordeste tem como problemas climáticos, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal, do seu regime de chuvas. As causas da grande variabilidade pluviométrica não são completamente entendidas. Essas condições climáticas interferem diretamente na produção de alimentos, fazendo com que haja a necessidade de se aumentar a produção e produtividade das culturas (MENEZES et al., 2010).

A irrigação é imprescindível em regiões áridas e semiáridas, a exemplo do Semiárido brasileiro, onde a segurança produtiva é bastante afetada pela escassez contínua de água, minimizada apenas no período mais úmido, entre dezembro e março, onde algumas culturas de sequeiro ainda podem se desenvolver (ANA, 2017).

Irrigação no semiárido da Paraíba

De acordo com o Ministério da Integração (MI, 2013), o Projeto de Irrigação Várzeas de Sousa está localizado em terras dos municípios de Sousa e Aparecida, na mesorregião do Sertão do Estado da Paraíba, inserido na sub-bacia do Rio do Peixe e bacia do rio Piranhas, com acesso pela rodovia BR-230, distante 440 km da capital João Pessoa- PB (Figura 3).



Figura 3. Várzeas de Sousa. Fonte: Google Earth (2021).

Compõe-se de infraestrutura de irrigação (Figura 4) como o Canal da Redenção (canal condutor, com 37 km de extensão e várias obras de arte ao longo do canal, tais como túneis, sifões e galerias); reservatório de compensação; estação de bombeamento; subestação elétrica; adutoras de recalque e distribuição; reservatório de distribuição; rede de distribuição de água para irrigação (adutoras); rede de drenagem, rede viária, cercas do perímetro e reserva legal, centro gerencial, material de irrigação parcelar. As obras estão na fase final de conclusão, com os recursos de convênio firmado com o Ministério da Integração Nacional (MI, 2013).

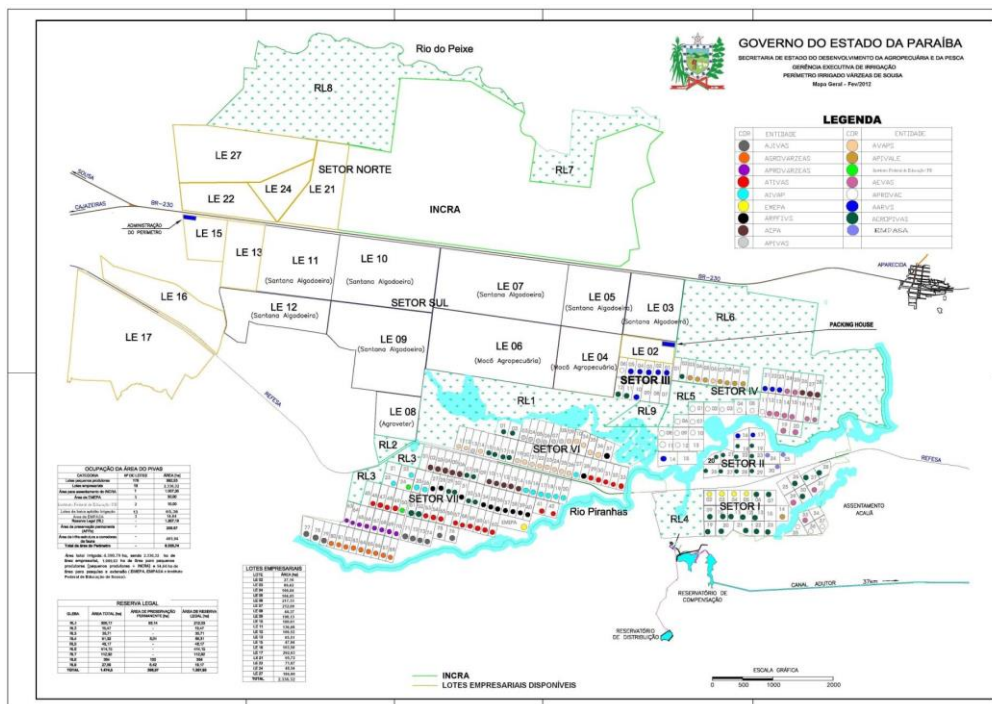


Figura 4. Loteamento das Várzeas de Sousa. Fonte: PARAÍBA (2012).

O projeto estende-se por uma área total de 6.335,74 hectares (ha), distribuídos em 178 lotes de pequenos irrigantes; 18 lotes empresariais; lotes destinados a pesquisa, experimentação e extensão rural; 1.879,39 ha destinados às áreas ambientais e de infraestrutura e corredores da fauna, e um lote destinado ao INCRA para o assentamento de 141 famílias. As principais lavouras exploradas em 2010 no projeto eram banana pacovan, banana nanica, coco anão, romã, arroz vermelho e sorgo granífero (MI, 2013) (Figura 5).



Figura 5. Imagens da área das Várzeas de Sousa.

Fonte: Egberto Araújo – Flickr (2013).

No ano de 2006, segundo o IBGE (2009), as áreas irrigadas pelo método de superfície (inundação e sulcos) corresponderam a 58.683,2 de hectares, por inundação 3.789,25 ha, 4.613,64 ha por sulco, por pivô central 9.834,00 ha, 33.525,43 ha por aspersão, 3.789,01 ha por localizada, e 3.131,9 ha por outros métodos. Em 2012 apresentava um total de 65.522 ha (ANA, 2017).

Nas Várzeas de Sousa, em 2006, apresentava 6.336 ha implantados e disponíveis para irrigação, onde 4.390 ha em uso e somente 2.447 ha (56%) em produção (ANA, 2017).

De acordo com ANA (2021), na tabela de indicadores municipais - área irrigada e fertirrigada atual e área adicional irrigável, o Perímetro Irrigado de São Gonçalo apresenta total irrigado de 1.023 ha com o uso de irrigação localizada, sendo em agricultura de sequeiro 229 ha com diversas culturas, e em áreas de pastagem 794 ha.

Perspectivas de ampliação

As recentes iniciativas para ampliação do conhecimento sobre a agricultura irrigada na sua interface com os recursos hídricos, ou seja, sobre áreas e culturas irrigadas e seu reflexo na demanda de água e no balanço hídrico atual e futuro, resultam em uma nova base técnica (EMBRAPA, 2017).

De acordo com EMBRAPA (2017), em um país com as dimensões territoriais e a geodiversidade do Brasil, o sensoriamento remoto, associado a outras geotecnologias, permite relevante ganho de escala em levantamentos relacionados à agricultura irrigada. Pode-se destacar a interpretação visual ou automatizada de imagens de satélite para identificação de áreas irrigadas e as estimativas diretas de consumo de água pela irrigação como aquelas de maior potencial de desenvolvimento para aplicação nos polos de irrigação brasileiros.

Com o desenvolvimento computacional e das geotecnologias, aplicações com base em sensoriamento remoto têm sido aprimoradas com vistas a diminuir as incertezas associadas ao grande número de variáveis e simplificações requeridas pelos modelos tradicionais. Nesse contexto, modelos baseados em dados de sensoriamento remoto, de complexidade variável, têm se destacado pelos seus bons resultados em diversos locais do planeta (ANA, 2020).

Dados de sensoriamento remoto também podem ser utilizados para estimativa direta do consumo da água pela agricultura irrigada (ANA, 2017). Um dos caminhos é por meio da estimativa da evapotranspiração real (ET_a). Com o desenvolvimento computacional e das geotecnologias, desde os anos 1970 diversas abordagens têm sido desenvolvidas para estimar a ET_a com base em dados de campo e de sensoriamento remoto (LI et al., 2009), visando cobrir grandes áreas em curtos intervalos de tempo.

De acordo com a ANA (2020), destacam-se no desenvolvimento desta abordagem os modelos: Surface Energy Balance Index (SEBI) (CHOUDHURY & MENENTI, 1993), Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL) (BASTIAANSEN et al., 1998a; 1998b), Atmosphere-Land Exchange Inverse (ALEXI) (MECIKALSKI et al., 1999), Two-Source Model (TSM) (NORMAN et al., 1995), Surface Energy Balance System (SEBS) (SU, 2002), Mapping Evapotranspiration at High Resolution and with Internalized Calibration (METRIC) (ALLEN et al., 2007) e Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) (SENAY et al., 2007; 2013; 2016; 2017; 2018). Algumas publicações revisaram estes e outros modelos e métodos de estimativa da ET_a (ALLEN et al., 2011; GLENN et al., 2011; GOWDA et al., 2007; KALMA et al., 2008; McSHANE et al., 2017).

Costa Filho et al. (2007) estudando a região de Sousa que contempla o perímetro irrigado (Figura 3), com base na metodologia de Bastiaansen et al. (1998), utilizando imagens

do CBERS-2, observaram que correspondem aos cultivos irrigados que estão em pleno desenvolvimento vegetativo, isto é, apresentando um alto vigor.

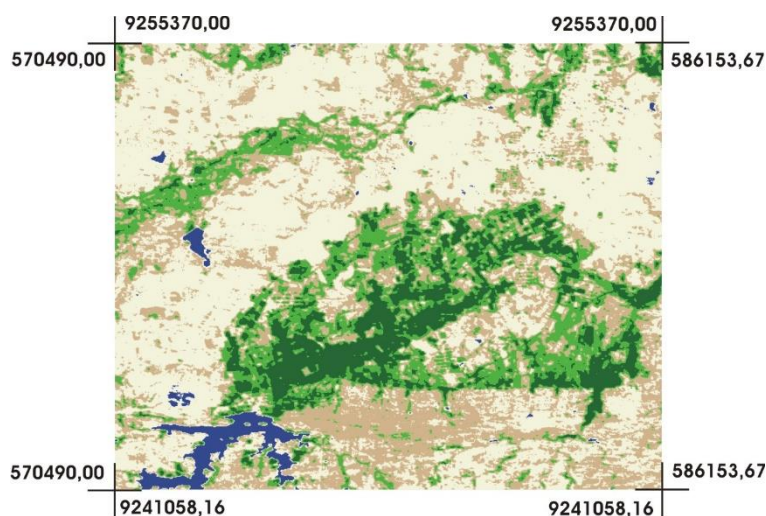


Figura 3. Perímetro irrigado de São Gonçalo. Fonte: Costa Filho et al. (2007).

Silva et al. (2011) determinando o balanço de radiação no Perímetro Irrigado São Gonçalo por meio de imagens orbitais e procedimentos do SEBAL (Figura 4) concluíram que os valores do saldo e albedo obtidos estão em consonância com de outras áreas irrigadas do semiárido brasileiro, evidenciando sua sensibilidade a diferentes ocupações do solo.

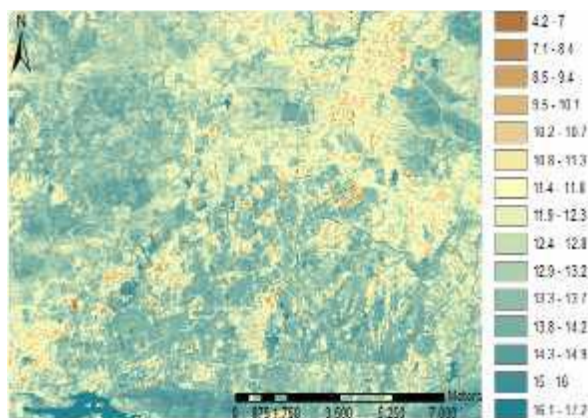


Figura 4. Saldo de radiação diário (MJ m^{-2}) de 2008 do perímetro irrigado de São Gonçalo.

Fonte: Silva et al. (2011).

Silva et al. (2012) afirmam que as estimativas da evapotranspiração real (ETr) de áreas irrigadas do perímetro irrigado de São Gonçalo (Figura 5), com uso do algoritmo SEBAL, apresentaram boa concordância com os valores da evapotranspiração obtidos com o método da FAO e o mapeamento da ETr possibilitou identificar padrões que diferenciam áreas irrigadas das não irrigadas.

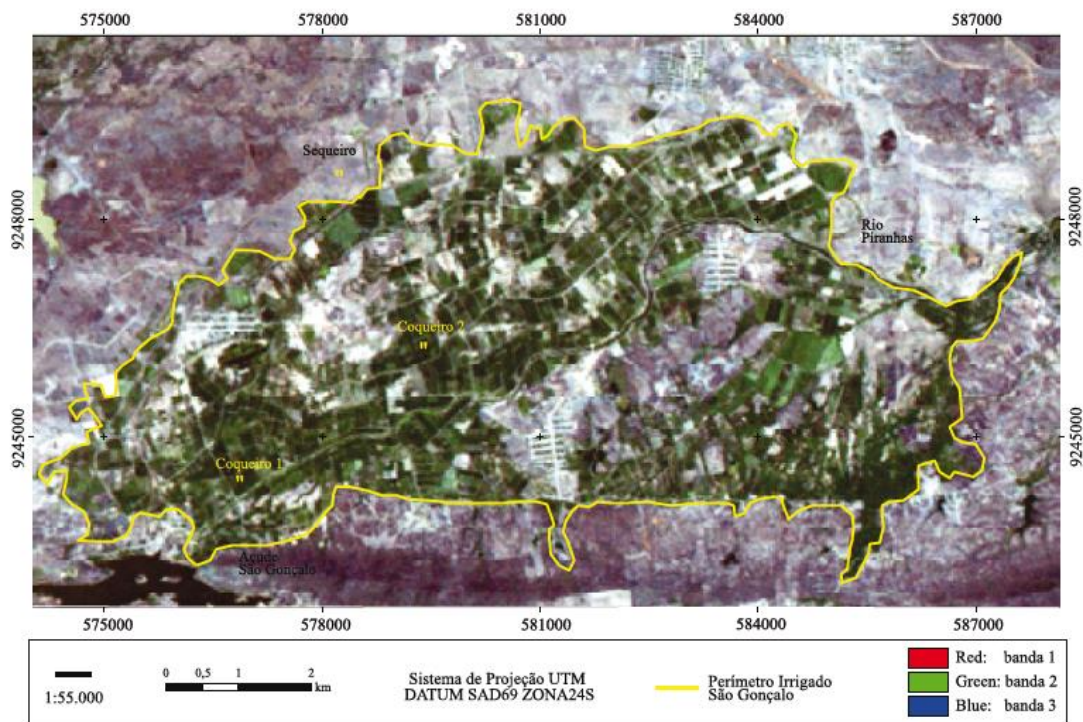


Figura 5. Área do perímetro irrigado de São Gonçalo. Fonte: Silva et al. (2012).

Vários outros autores como Cunha et al. (2012) estudando a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, onde se encontra o perímetro irrigado de São Gonçalo, utilizando-se sensoriamento remoto e saldo de radiação concluíram que o albedo de superfície mostra forte correlação com a cobertura do solo, sendo este um importante parâmetro em estudos ambientais. Francisco et al. (2015; 2017) realizando análise espectral e avaliando o efeito da umidade antecedente sobre as respostas espectrais da vegetação da caatinga a partir de imagens de satélite LANDSAT e utilizando parte da metodologia SEBAL de Bastiaanssen et al. (1998), concluíram que o padrão de resposta espectral diminuiu os confundimentos de alvos de vegetação da caatinga.

Referencias Bibliográficas

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; HOWELL, T. A.; JENSEN, M. E. Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*, v.98, n.6, p.899–920, 2011.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.133, p.380–394, 2007.

AMARAL, F. C. S. do. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na Região Semi-Árida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 218p. (Convênio Embrapa Solos/CODEVASF).

ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. 86p.

ANA. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2. ed. Brasília: ANA, 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas. Estimativas de evapotranspiração real por sensoriamento remoto no Brasil. Brasília: ANA, 2020. 41p.

BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v.212-213, p.198-212, 1998a.

BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). Part 2: Validation. *Journal of Hydrology*, v.212-213, p.213-229, 1998b.

BRUINSMA, J. The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Roma: FAO, 2009.

CHOUHDURY, B. J.; MENENTI, M. Parameterization of Land Surface Evaporation by means of Location Dependent Potential Evaporation and Surface Temperature Range. Department for Environment, Food and Rural Affairs: Londres, p.561–568. 1993.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, safras: 2013/2014. Brasília, DF. 2014.

COSTA FILHO, J. F. DA; FRANCISCO, P. R. M.; ANDRADE, M. V. DE; SILVA, L. DA; DANTAS, R. L. Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-2. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, 2007, Aracaju. Anais...Aracaju, 2007.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. *Revista de Política Agrícola*, v.22, n.1, p.115-127, 2013.

CUNHA, J. E. DE. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. DA; CHAVES, I. DE B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.5, p.539–548, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados. Agricultura irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. (Ed.) RODRIGUES, L. N.; DOMINGUES, A. F. Brasília: INOVAGRI, 2017. 327p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias. (Ed.) BORGHETTI, J. R.; SILVA, W. L. C.; NOCKO, H. R.; LOYOLA, L. N.; CHIANCA, G. K. Brasília, 2017. 243p.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Análise espectral e avaliação de índices de vegetação para o mapeamento da caatinga. *Revista Verde*, v.10, n.3, p.01-12, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Umidade antecedente e índice de vegetação da diferença normalizada no mapeamento da caatinga. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.13, n.2, p.82-91, 2017.

FLICKR. Fotos das Várzeas de Sousa. ARAUJO, E. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/egbertoaraujo/9773159596/in/photostream/>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

GLENN, E. P.; NEALE, C. M.; HUNSAKER, D. J.; NAGLER, P. L. Vegetation index-based crop coefficients to estimate evapotranspiration by remote sensing in agricultural and natural ecosystems. *Hydrological Processes*, v.25, p.4050–4062, 2011.

GLERIANI, J. M. Concordância da aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo elaborada nos anos setenta com os dados do Censo Agropecuário do IBGE ano 95/96. INPE. São José dos Campos. 2000.

GOWDA, P.; CHAVEZ, J.; COLAIZZI, P.; EVETT, S.; HOWELL, T.; TOLK, J. Remote sensing-based energy balance algorithms for mapping ET: Current status and future challenges. *Transactions of the ASABE*, v.50, p.1639–1644, 2007.

HUDSON, N. Soil Conservation. New York, Cornell University Press, 1971. 302p.

IBGE. Censo agropecuário do Brasil: 2006. Rio de Janeiro, 2009.

KALMA, J. D.; MCVICAR, T. R.; MCCABE, M. F. Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surveys in Geophysics*, v.29, p.421–469, 2008.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008.

MI. Ministério da Integração. Projeto Várzeas de Sousa. Disponível em: www.integracao.gov.br/projeto-varzeas-de-sousa-pb. Acesso em: 4 de abril de 2021.

McSHANE, R. R.; DRISCOLL, K. P.; SANDO, R. A review of surface energy balance models for estimating actual evapotranspiration with remote sensing at high spatiotemporal resolution over large extents. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, n.5087, 2017.

MECIKALSKI, J. R.; DIAK, G. R.; ANDERSON, M. C.; NORMAN, J. M. Estimating fluxes on continental scales using remotely sensed data in an Atmospheric–Land Exchange Model. *Journal of Applied Meteorology*, v.38, n.9, p.1352–1369, 1999.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; LIMA, R. A. F. DE A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.181-186, 2010.

NORMAN, J. M.; KUSTAS, W. P.; HUMES, K. S. Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.77, n.3-4, p.263-293, 1995.

ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. *Ecofisiologia da Produção Agrícola*. Piracicaba: Potafos, 1987. 249p.

PARAIBA. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Pesca. Gerencia Executiva de Irrigação. Perímetro Irrigado Várzeas de Sousa. 2012. Mapa geral.

PONTES, S. H.; SILVA, V. M. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; BRITO, J. I. B. DE. Análise hidroclimática da região de Serra Branca, PB. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 20, 2013, Bento Gonçalves. *Anais...Bento Gonçalves*, 2013.

SAMPAIO, C. B. V.; WEILL, M. DE A. M.; DOURADO, C. DA S.; SAMPAIO FILHO, C. V. Classificação do potencial de terras para irrigação na região do alto da bacia do rio Itapicuru. In: *Reunião Sulamericana para Manejo e Sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas*, 2, 2011, Cruz das Almas. *Anais... Cruz das Almas*, 2011.

SANTANA, M. O.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; SILVA, D. D. DA. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, V.15, p.114-120, 2007.

SENAY, G. B. Satellite Psychrometric Formulation of the Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) Model for Quantifying and Mapping Evapotranspiration. *Applied Engineering in Agriculture*, v.34, n.3, p.555-566, 2018.

SENAY, G. B.; BOHMS, S.; SINGH, R. K.; GOWDA, P. H.; VELPURI, N. M.; ALEMU, H.; VERDIN, J. P. Operational evapotranspiration mapping using remote sensing and weather datasets: A new parameterization for the SSEB approach. *Journal of the American Water Resources Association*, v.49, n.3, p.577-591, 2013.

SENAY, G. B.; BUDDE, M.; VERDIN, J. P.; MELESSE, A. M. A coupled remote sensing and simplified surface energy balance approach to estimate actual evapotranspiration from irrigated fields. *Sensors*, v.7, p.979-1000, 2007.

SENAY, G. B.; FRIEDRICHS, M.; SINGH, R. K.; VELPURI, N. M. Evaluating Landsat 8 evapotranspiration for water use mapping in the Colorado River Basin. *Remote Sens. Environ*, v.185, p.171-185, 2016.

- SENAY, G. B.; SCHAUER, M.; FRIEDRICHS, M.; VELPURI, N. M.; SINGH, R. K. Satellite-based water use dynamics using historical Landsat data (1984–2014) in the southwestern United States. *Remote Sensing of Environment*, v.202, p.98-112, 2017.
- SILVA, M. C. L.; BRITO, J. I. B.; COSTA, A. M. N. Proposta de monitoramento da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando a técnica dos Quantis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. Anais... Fortaleza, 2004.
- SILVA, B. B. DA; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. Balanço e radiação no perímetro irrigado São Gonçalo–PB mediante imagens orbitais. *Revista Caatinga*, v.24, n.3, p.145-152, 2011.
- SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. A Climatologia de precipitação e a ocorrência de veranicos na porção noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. In: SIMPGEO, 2008, Rio Claro. Anais...Rio Claro, 2008.
- SORIANO, B. M. A. Caracterização climática de Corumbá-MS. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997. 25p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 11).
- SOUSA, R. F. DE; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. DA N.; FERNANDES, M. DE F.; SANTOS, M. J. DOS. Aptidão agrícola do assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a cultura do sorgo (*Sorghum Bicolor - L. Moench*). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.3, n.2, 2003.
- SU, Z. The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.6, n.1, p.85–100, 2002.
- UN DESA. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. World population prospects: the 2008 revision, highlights. New York, 2009. (Working paper, ESA/P/WP.210).
- UN WATER. World Water Assessment Programme. Water in a changing world: facts and figures. Paris: Unesco; Londres: Eartscan, 2009. (World Water Development Report 3).



Capítulo II

Teste de qualidade microbiológica das águas minerais envasadas e comercializadas na região metropolitana de Recife-PE

Amanda Cristiane Gonçalves Fernandes

Igo Marinho Serafim Borges

Viviane Farias Silva

Marcio Luiz de Siqueira Campos Barros

Felisbela Maria da Costa Oliveira

Introdução

A má qualidade da água do abastecimento público vem trazendo insegurança e insatisfação, devido às suspeitas vinculada pela população, de várias epidemias desencadeadas pelo consumo deste produto durante anos (SANTOS et al., 2013). Sendo assim, a água mineral passou a ser adotada entre as famílias como líquido seguro e medicinal e em pouco tempo havia uma massa crescente de consumidores (FERNANDES et al., 2017).

No entanto, para atender uma demanda grande, o processo de fornecimento dessas águas em sua maioria foi inesperado, e fez com que fossem geradas atividades de forma irregular: abertura de muitos poços, processo de captação incorreto e de material impróprio e rótulos alterados segundo os critérios estabelecidos pela Resolução 274/2005, acarretando a contaminação dessas águas e, conseqüentemente, trazendo riscos para os consumidores. Apesar dos órgãos fiscalizadores combaterem as irregularidades e evitarem alguns danos à população, a propaganda de que água mineral é um líquido livre de contaminação e impureza é muito persistente na visão dos consumidores (SANTOS et al., 2013).

A produção da água mineral na Região Metropolitana de Recife vem crescendo nos últimos anos e, economicamente, trata-se de uma das principais atividades extrativistas de minério da região (BARRETO, 2011). Portanto, devem ser realizadas periodicamente análises microbiológicas na fonte e no produto final envasado, tanto pelo produtor como pelo órgão fiscalizador (OLIVEIRA, 2019).

O controle estatístico das águas surge como uma proposta para adequar a qualidade da água em relação à potabilidade para o consumo humano, priorizando o consumo de água potável como forma de assegurar a saúde dos consumidores, fazendo com que está mesmo passando por um processo de industrialização não tenha sua qualidade comprometida (FORTES, 2018).

Sabendo-se da importância da água mineral para o consumo humano, o objetivo deste trabalho é avaliar os aspectos microbiológicos em amostras de água mineral comercializada na Região Metropolitana do Recife-PE, utilizando o teste Qui-quadrado.

Teste de hipóteses

O teste de hipóteses encontra-se na Estatística Inferencial, está por sua vez, avalia parâmetros estimados para uma determinada população.

Segundo Rokembach (2009) ao tentarmos a fixação de decisões, é conveniente a formulação de suposições ou de conjecturas acerca das populações de interesse, que, em geral,

consistem em considerações sobre parâmetros das mesmas. Essas suposições, que podem ser ou não verdadeiras, são denominadas de Hipóteses Estatísticas.

Os processos que habilitam a decidir se aceitam ou rejeitam as hipóteses formuladas, ou determinar se a amostra observada difere de modo significativo, dos resultados esperados, são denominados de Testes de Hipóteses ou Testes de Significância (SEIDEL, 2014).

Hipótese Nula

Segundo Fernandes et al., (2017), a hipótese nula é prefixada, formulada sobre o parâmetro populacional estudado, com o único propósito de ser rejeitada ou invalidada. É representada por H_0 .

Hipótese Alternativa

São quaisquer hipóteses que difiram da Hipótese Nula. Utilizaremos uma hipótese alternativa, representada por H_1 .

Erros do Tipo I e Tipo II

A Tabela 1 detalha o comportamento de uma hipótese nula ou H_0 com erro do Tipo I, está por sua vez, dentro do teste de hipóteses precisa rejeitar a hipótese Nula (H_0) quando a mesma é verdadeira. Com o erro Tipo II, teste de hipóteses não consegue rejeitar a hipótese nula, no caso desta hipótese ser falsa.

Tabela 1. Testes de Hipóteses. Erros do Tipo I e Tipo II

Decisões Possíveis	Estados Possíveis	
	H_0 Verdadeira	H_0 Falsa
Aceitação de H_0	Decisão Correta	Erro do Tipo II
Rejeição de H_0	Erro do Tipo I	Decisão Correta

Fonte: Rokembach (2009).

Nessas condições o erro do tipo I precisa estar diretamente rejeitado e ligado a hipótese nula para que seja verdadeira, já o erro do tipo II se não rejeitar a hipótese nula ele encontra-se com indicadores falsos.

Nível de Significância

Ao testar uma hipótese estabelecida, a probabilidade máxima com a qual se sujeitaria a correr o risco de um erro do tipo I é denominada de Nível de Significância do Teste. Essa

probabilidade, representada frequentemente por α , é geralmente especificada antes da extração de quaisquer amostras, de modo que os resultados obtidos não influenciam na escolha (TEÓFILO & FERREIRA, 2006).

Teste Qui Quadrado

O Teste Qui Quadrado, simbolizado por X^2 , é um teste de hipóteses cuja finalidade é encontrar um valor da dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre variáveis qualitativas (MEIRELES, 2014). É um teste que não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância, no qual seu princípio básico é comparar proporções, isto é, as possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para certo evento. Evidentemente, pode-se dizer que dois grupos se comportam de forma semelhante se as diferenças entre as frequências observadas e as esperadas em cada categoria forem muito pequenas, próximas à zero.

De acordo com (CONTI, 2009) Qui Quadrado, simbolizado X^2 é um teste de hipóteses que se destina a encontrar um valor da dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre variáveis qualitativas. O teste Qui-quadrado leva em consideração os fatores estatísticos de X^2 igual a (zero), o grau de liberdade igual a (um) e o valor por período igual a (um).

Portanto, o teste é utilizado para:

- Verificar se a frequência com que um determinado acontecimento é observado em uma amostra se desvia significativamente ou não da frequência com que ele é esperado.
- Comparar a distribuição de diversos acontecimentos em diferentes amostras, a fim de avaliar se as proporções observadas destes eventos mostram ou não diferenças significativas ou se as amostras diferem significativamente quanto às proporções desses acontecimentos.

Localização e distribuição dos complexos de água mineral

O Estado de Pernambuco possui 45 complexos de água mineral em atividade, das quais 27 se encontram na Região Metropolitana do Recife, destes 13 encontram-se no município do Recife, 7 no município de Paulista, 4 no município de Camaragibe, um no município do Jaboatão dos Guararapes, um no município de Abreu e Lima e um no município do Cabo de Santo Agostinho. Os outros encontram-se Zona da Mata (6), no Agreste (11) e no Sertão (1) (TAVARES, 2018).

Microrganismos monitorados na água mineral

A amostra é condenada (rejeitada) quando for constatada a presença de *Escherichia coli* ou coliformes (fecais) termotolerantes ou quando o número de coliformes totais e ou Enterococos e ou *Pseudomonas aeruginosa* e ou Clostrídios Sulfito Redutores ou *C. perfringens* for maior que o limite estabelecido para amostra indicativa (BRASIL, 2000).

O grupo dos coliformes termotolerantes, cujo habitat geralmente é o trato intestinal do homem, indica contaminação de origem ambiental e fecal do produto (MOTTA et al., 2000). A pesquisa de coliformes termotolerantes e de *Escherichia colinos* alimentos fornece com maior segurança informações sobre as condições sanitárias do produto e melhor indicação da eventual presença de enteropatógenos (APHA, 2001).

Atualmente, sabe-se que o grupo dos coliformes inclui pelo menos três gêneros: *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais incluem cepas de origem não fecal (água, solo e vegetais). Por esse motivo, a presença de coliformes termotolerantes é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração de *Escherichia coli*, porém muito mais significativa do que a presença de coliformes totais dadas a alta incidência de *Escherichia coli* no grupo fecal (SILVA et al., 2001).

A integridade física de embalagens utilizadas para o envase de água mineral deverá sofrer inspeção individual, seguida de sanificação em lavadoras específicas que devem localizar-se o mais próximo da sala de envase (ABERC, 1999).

A sanificação deve ser realizada por meios físicos ou químicos empregando-se procedimentos de eficácia comprovada. Na sanificação por meios físicos emprega-se calor (vapor; água quente) e radiação ultravioleta (CARDOSO et al., 2003), enquanto que a sanificação através de agentes químicos depende de uma série de compostos bactericidas, desde ácidos orgânicos até agentes umectantes complexos. Por questões econômicas, na prática os compostos clorados, iodados e os quaternários de amônia são os mais utilizados (ABERC, 1999).

A sanificação inadequada das embalagens ou a sua contaminação posterior resulta na condenação do lote de água mineral. Segundo o Ministério da Saúde, neste produto não podem ser constatadas as presenças de *Escherichia coli* ou coliformes (fecais) termotolerantes ou coliformes totais, *Enterococos*, *Pseudomonas aeruginosa* e/ou Clostrídios sulfito redutores, em quantidade superior a 2 UFC/mL (BRASIL, 1999).

No caso das empresas que envasam água subterrânea para o consumo, exige-se além da higiene pessoal dos funcionários, a sanificação adequada dos garrafões, instalações, máquinas

e equipamentos para evitar que bactérias patogênicas afetem a qualidade da água produzida e a saúde do homem (VAITSMAN & VAITSMAN, 2005).

Coliformes Totais

Dentre os parâmetros utilizados para se avaliar o grau de contaminação da água, ressalta-se a pesquisa de coliformes, em que a presença desse grupo de bactérias denota que ocorreu interferência externa na água mineral, já que não fazem parte da composição natural dessa água (FARACHE FILHO & DIAS, 2008).

Em vista da dificuldade de pesquisar microrganismos patogênicos de maneira direta, devido sua sensibilidade quando em baixo número, a necessidade de procedimentos complexos e onerosos, a avaliação microbiológica da água é realizada com o emprego de bactérias coliformes (OLIVEIRA, 2019).

Escherichia Coli

Cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais são de *Escherichia coli* e, dentre as bactérias de habitat reconhecidamente fecal, dentro do grupo dos coliformes fecais, a mais conhecida é a mais facilmente identificada. Por isso, a enumeração direta de *Escherichia coli* tem se tornado muito útil (SILVA et al., 2004; CETESB, 1997).

Enterobactéria gram-negativa, aeróbia, encontrada na flora normal do íleo e do cólon do homem e dos animais. *Escherichia coli* é a bactéria isolada com mais frequência em microbiologia (TAVARES, 2018). Responsável por infecção urinária, enterite, meningite neonatal, pneumonia, septicemia hospitalar, endoftalmite, artrite séptica, endocardite, abscessos hepático e cerebral (PIGOSSO et al., 2016).

Pseudomonas aeruginosas

As bactérias do gênero *Pseudomonas* são amplamente encontradas no ambiente, sendo consideradas bactérias oportunistas responsáveis por graves infecções (SANTOS et al., 2007).

Segundo Oliveira (2019), é uma enterobactéria gram-negativa, aeróbia. *Pseudomonas aeruginosa* é encontrada no solo, na água não poluída, no esgoto, no intestino dos animais, na água do mar próxima aos dejetos de esgotos ou foz de rios poluídos e inúmeros reservatórios hospitalares. Responsável por diversas infecções hospitalares em pacientes imunologicamente debilitados, como infecção urinária.

No Brasil, a *Pseudomonas* tem aparecido com relativa frequência em exames bacteriológicos de águas cloradas, não cloradas e até minerais naturais (COELHO et al., 2010).

Índices pluviométricos mensais da região metropolitana de Recife no ano de 2015

Os dados qualitativos foram fornecidos pela APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima). Observando a variação do índice pluviométrico nos dois períodos analisados, destaca-se menor índice no período dos meses de janeiro a abril e maior índice pluviométrico nos meses de abril a agosto de 2015, como observa-se na Figura 1.

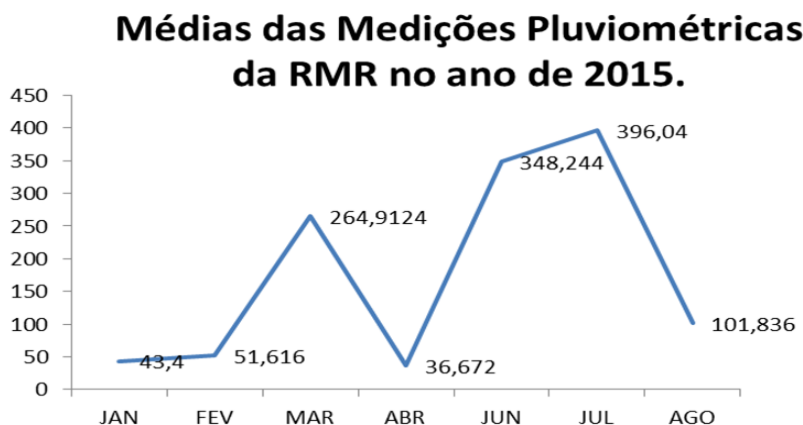


Figura 1. Quantitativo geral das médias pluviométricas da RMR em 2015.

Fonte: Fernandes et al. (2017).

O período de janeiro a abril do ano de 2015 aponta índices mais baixos em relação ao período de junho a agosto, tendo em vista um declínio relativo ao mês de agosto.

Material e Métodos

As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. As amostras de água mineral foram adquiridas de forma aleatória, no comércio local da Região Metropolitana do Recife-PE, através de garrafinhas envasadas e lacradas no período de janeiro a abril de 2015 e no período de junho a agosto de 2015, estas por sua vez, sem possibilidade de contaminação externa. Por se tratar de uma pesquisa sem objetivo de fiscalização julgou-se desnecessário informar os nomes das marcas comerciais e empresas.

Analisou-se neste trabalho um total de 70 amostras de águas minerais comercializadas em garrafas envasadas e lacradas que variam entre 300 a 500 ml para os dois períodos distintos. Para a análise microbiológica referente ao primeiro período janeiro a abril foram utilizadas 35 amostras, onde estas se dividiram em 7 marcas diferentes e com 5 unidades cada para a análise referente ao segundo período junho a agosto foram utilizadas 35 amostras, onde estas também se dividiram em 7 marcas diferentes e com 5 unidades cada.

O trabalho utilizou além da estatística descritiva o teste Qui-quadrado para avaliar o grau de associação entre os períodos analisados e as variáveis qualitativas oriundas das análises microbiológicas, imprescindíveis para a obtenção de resultados significativos (FERNANDES et al., 2017).

Verifica-se na Tabela 2 as informações descritas nos rótulos para as amostras referentes ao período de janeiro a abril. Foram coletadas com o objetivo de possuírem o mesmo lote e foram analisadas no dia 02 de junho de 2015.

Tabela 2. Amostras das águas minerais coletadas nos períodos (janeiro a abril) do ano de 2015

Marca	mL	Fonte	Município	Data de Envase	Lote
A	500ml	Seu Zeca	Recife-PE	23/02/2015	Não consta no rótulo
B	500ml	Nino 02	Recife-PE	Não consta no rótulo	Não consta no rótulo
C	500ml	Gênesis	Paulista-PE	20/04/2015	Lote 14D2015
D	500ml	Santa Rita I	Santa Rita-PB	13/04/2015	Lote L15C0165
E	300ml	Asa Branca II	Recife-PE	04/01/2015	Lote 21:04 L8496801
F	500ml	São Bento	Maceió-AL	11/04/2015	Lote 1 - 19:02 P 110415
G	50ml	Marília -I	Recife-PE	22/04/2015	Não consta no rótulo

Fonte: Fernandes et al. (2017).

Segundo a Tabela 2, as marcas A, B e G não tinham informações no rótulo sobre o lote, além disso, a marca B não continha também a data de envase, estas por sua vez, estavam carimbadas na garrafa de forma ilegível ou parcialmente apagadas.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das amostras das águas minerais coletadas nos períodos (junho a agosto) do ano de 2015.

As amostras no período de junho a agosto foram coletadas com o objetivo de possuírem o mesmo lote e foram analisadas em agosto de 2015. As marcas A, B e G não tinham informações no rótulo sobre o lote, estas por sua vez, estavam contidas na garrafa de forma ilegível ou parcialmente apagadas, conforme a Tabela 3.

Portanto, as amostras foram analisadas seguindo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, por meio dos Testes Presença e Ausência (P-A) E Pour-plate Method. As embalagens foram devidamente higienizadas e foram abertas conforme a metodologia padrão de análises microbiológicas, garantindo-se a não contaminação das amostras no momento das análises.

Tabela 3. Amostras das águas minerais coletadas nos períodos (junho a agosto) do ano de 2015

Marca	mL	Fonte	Município	Data de Envase	Lote
A	500ml	Seu Zeca	Recife-PE	14/07/2015	Não consta no rótulo
B	500ml	Nino 02	Recife-PE	08/07/2015	Não consta no rótulo
C	500ml	Gênesis	Paulista-PE	19/06/2015	Lote L14F1913
D	500ml	Santa Rita I	Santa Rita-PB	04/07/2015	Lote L 15C0290
E	300ml	Asa Branca II	Recife-PE	29/06/2015	Lote 19:41 L8534741
F	500ml	São Bento	Maceió-AL	16/07/2015	Lote 1 - 19:50 P 160715
G	500ml	Marília -I	Recife-PE	10/07/2015	Não consta no rótulo

Fonte: Fernandes et al. (2017).

A presença (NMP/100 ml) de bactérias do grupo coliformes totais foi determinada por meio da Técnica de Tubos Múltiplos adaptada, utilizando-se uma série de cinco tubos para cada amostra, cultivando-se a amostra em meio caldo laurel sulfato triptose para o ensaio presuntivo e em meio caldo bile verde brilhante 2% para o ensaio confirmativo, seguindo-se as orientações determinadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (OLIVEIRA, 2012).

As bactérias do grupo coliforme termotolerantes/fecais e *E. coli* também foi determinada por meio da Técnica de Tubos Múltiplos adaptada, utilizando-se uma série de cinco tubos para cada amostra, cultivando-se a amostra em meio caldo EC, seguindo-se as orientações determinadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

A presença (NMP/100 ml) de *P. aeruginosas* também foi determinada por meio da Técnica de tubos Múltiplos adaptada, utilizando-se uma série de cinco tubos para cada amostra, cultivando-se a amostra em meio caldo asparagina para o ensaio presuntivo e em meio caldo acetamida para o ensaio confirmativo, seguindo-se as orientações determinadas pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (OLIVEIRA, 2012).

Como legislação base, adotou-se a Resolução RDC nº 275, de 22 de setembro de 2005, como padrão para avaliação da ausência de microrganismos do grupo Coliforme Totais, do grupo Coliforme Termotolerantes e *E. coli* e *Pseudomonas aeruginosas* nas amostras, pois esta legislação dispõe sobre o Regulamento Técnico de Características Microbiológicas para Água Mineral e Água Natural (FERNANDES, 2017).

Para a estatística descritiva utilizou-se o programa Excel® 2010 analisando a frequência relativa e porcentagem.

Aplicou-se o teste Qui-quadrado para verificar associação entre as marcas com as outras variáveis, porém, pela propriedade do teste de que não é possível aplicar com caselas (Frequências Esperadas $[E_i] \geq 5$). Essa definição foi mostrada por Karl Pearson que desenvolveu o teste, onde essa restrição parte apenas para quando há apenas duas classes categóricas, porém, não é recomendado usar o teste quando mais de 20% das E_i são menores que 5 o que aconteceu para nossos dados (LOESCH, 2017).

Resultados e Discussão

Teste Qui-Quadrado-Coliformes Totais

Para o $p\text{-valor}=0,4499 > 0,05$ não foi rejeitada a hipótese H_0 e conclui-se que ao nível $\alpha=0,05$ não existe associação entre os períodos analisados e a variável Coliformes Totais, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Teste Qui-quadrado para variáveis Coliformes Totais vs períodos

Teste Qui-Quadrado	
Estatística X^2	0,570652174
Graus de Liberdade	1
P-Valor	0,449999876

Fonte: Fernandes et al. (2017).

O resultado do teste Qui-quadrado mostra que para o número de coliformes totais encontrados nas águas testadas, o valor estatístico de X^2 foi aproximadamente de 0,5706 com períodos de 0,4499, quando usado o grau de liberdade.

Na Tabela 5 têm a relação do quantitativo de amostras que apresentaram ausência ou presença das variáveis Coliformes Totais para os dois períodos analisados.

Tabela 5. Relação entre a variável Coliformes Totais e os períodos analisados

Período	Coliformes Totais		Total
	Ausência	Presença	
Janeiro a abril	21	14	35
Junho a agosto	25	10	35
Total	46	24	70

Fonte: Fernandes et al. (2017).

Na Tabela 5 pode-se analisar que, a soma total dos períodos são equivalentes, mas ao mesmo tempo pode-se perceber que a presença de coliformes teve uma mudança no segundo período analisado que vai de junho a agosto, tendo uma diminuição de 4 águas com a presença de coliformes, quando comparado ao período de janeiro a abril. Alves et al. (2018) para análise Francisco & Dantas Neto (2021)

microbiológica das cinco amostras de água realizadas no Parque Ecológico de Águas Claras, revelaram que não houve presença de coliformes totais.

Teste Qui-Quadrado – Período vs *Escherichia Coli* ou C.F.T.

Devido ter caselas iguais a 0, o teste qui-quadrado não se aplica nesse caso, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Relação entre a variável *Escherichia Coli* ou C.F.T e os períodos analisados

Período	Escherichia Coli ou C.F.T.		Total
	Ausência	Presença	
Janeiro a abril	30	5	35
Junho a agosto	35	0	35
Total	65	5	70

Fonte: Fernandes et al. (2017).

Na Tabela 6, nota-se de forma expressiva a análise de água em dois momentos, o primeiro que vai de janeiro até abril, e o segundo de junho a agosto. Nos dois momentos foram analisadas 35 águas diferentes, dentre elas, 5 (cinco) encontram-se com a presença de coliformes *Escherichia Coli*, no período de janeiro a abril; no segundo momento quando as mesmas águas foram analisadas não foram mais encontradas reações com coliformes. Oliveira et al. (2013) analisou 14 amostras de água também na região metropolitana de Recife, encontrando um total de 3 amostras com presença de *Escherichia Coli* representando 21.4% do total analisado.

Teste Qui-Quadrado – Período vs *Pseudomonas aeruginosas*

É verificado que o p-valor=1>0.05, então não foi rejeitada a hipótese H0 e foi concluído ao nível $\alpha=0.05$ que não existe associação entre o período de envase e a variável qualitativa *Pseudomonas aeruginosas*, conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7. Teste qui-quadrado para a variável *Pseudomonas aeruginosas* vs períodos

Teste Qui-Quadrado	
Estatística X ²	0
Graus de Liberdade	1
P-Valor	1

Fonte: Fernandes et al. (2017).

A relação do quantitativo de amostras que apresentaram ausência ou presença das variáveis *Pseudomonas aeruginosas* para os dois períodos analisados, Tabela 8.

Tabela 8. Relação entre a variável *Pseudomonas aeruginosas* e os períodos analisados

Período	<i>Pseudomonas aeruginosas</i>		Total
	Ausência	Presença	
Janeiro a abril	22	13	35
Junho a agosto	23	12	35
Total	45	25	70

Fonte: Fernandes et al. (2017).

Nessas condições, o período de janeiro a abril apresenta em 13 das águas testadas coliformes, já o período de junho a agosto obtivemos uma diminuição para apenas 12 análises com coliformes, número ainda assustador, visto que essa água está diretamente ligada ao consumo humano. Segundo estudo realizado por Guerra et al., (2006), das 362 amostras de água coletadas do sistema principal 31 (8,56%) apresentaram contaminação por *P. aeruginosa*, enquanto que 12 (23,53%) das 51 amostras coletadas do sistema secundário apresentaram tal contaminação.

Conclusão

Através do Teste Qui-Quadrado foi possível analisar se existe associação entre as variáveis qualitativas (Coliformes Totais e *Pseudomonas aeruginosas*), exceto *Echericha Coli*, pois devido ter caselas iguais a 0, o teste qui-quadrado não se aplicou neste caso. Verificou-se que não tem associação entre as variáveis qualitativas (Coliformes Totais e *Pseudomonas aeruginosas*) e os períodos analisados. Através desta pesquisa foi possível desenvolver a partir da modelagem matemática a realização de simulações de cenários futuros, que podem colaborar com o processo de tomada de decisão. Além disso, utilizar-se da análise fatorial para os dados químicos e físicos químicos como forma de monitorar a intensidade dos compostos na água subterrânea.

Por meio desses resultados foi possível verificar que 5 empresas não passaram no teste de qualidade microbiológica de água, quando analisado o parâmetro *E. coli* e 13 empresas para *Pseudomonas aeruginosas*, ambos os resultados para o período de janeiro a abril de 2015. Conclui-se que é de extrema importância a análise microbiológica da água, pois quando os resultados não são satisfatórios indica que a água não está própria para o consumo, sendo prejudicial ao consumidor.

Referências Bibliográficas

- APHA. American Public Health Association. Committee on Microbiological for Foods. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: American Public Health Association, 2001. p.3-10.
- ALVES S. G. S.; ATAIDE C. D. G.; SILVA J. X. Microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. Rev. Cient. Sena Aires, v.7, n.1, p.12-7, 2018.
- BARRETO, J. C. F. A Água mineral na região metropolitana de Recife: riscos de contaminação dos aquíferos. 164f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2011.
- BRASIL. Portaria MME nº 470, de 24 de novembro de 1999. Institui as características básicas dos rótulos das embalagens de águas minerais e potáveis de mesa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 nov. 1999. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 173, de 13 de setembro de 2006. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Industrialização e Comercialização de Água Mineral Natural e de Água Natural e a Lista de Verificação das Boas Práticas para Industrialização e Comercialização de Água Mineral Natural de Água Natural. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14 set. 2006, Seção 1.
- BRASIL. Resolução RDC nº 274, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para águas envasadas e gelo. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- CETESB. Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB, 1997.
- CONTI, F. Qui Quadrado. Muitas Dicas. Laboratório de Informática - ICB – UFPA. Disponível em: <http://www.cultura.ufpa.br/dicas/>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Água mineral ,2005. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/sumariomineral2005/Agua%20Mineral%202005rev.doc>>. Acesso em: 20 nov. 2010.
- FARACHE FILHO, A.; DIAS, M. F. F. Qualidade microbiológica de águas minerais em galões de 20 litros. Alimentação e Nutrição, v.19, n.3, p.243-248, 2008.
- FORTES, A. C. C. Índice de qualidade de água para consumo humano: uma proposta de ferramenta para a vigilância da qualidade da água comunicar os resultados à sociedade. 153f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2018.

- FERNANDES, A. C. G. et al. Análises descritivas e microbiológicas das águas minerais envasadas e comercializadas na região metropolitana de Recife-PE. *Ciência e Natura*, v.39, n.2, p.272-284, 2017.
- GUERRA, N. M. M. et al. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.28, n.1, p.13-18, 2006.
- LOESCH, C.; HOELTGEBAUM, M. Métodos estatísticos multivariados. Saraiva Educação S.A. 2017. 140p.
- MACÊDO, J. A. B. *Água & Águas*. 1.ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001, 503p.
- MEIRELLES, M. O uso do SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) na Ciência Política: uma breve introdução. *Pensamento Plural*, n.14, p.65-92, 2014.
- MOTTA, M. R. A.; BELMONTE, M. A.; PANETTA, J. C. Avaliação microbiológica de amostras de carne moída comercializada em supermercados da região oeste de São Paulo. *Revista Higiene Alimentar*, v.14, n.78/79, p.59-62, 2000.
- OLIVEIRA, K. L. C. Acompanhamento do processo produtivo e controle de qualidade da água da mineração peniel LTDA. EPP. 33f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2019.
- OLIVEIRA, D. V. et al. Qualidade da água e identificação de bactérias Gram-negativas isoladas do Arroio Dilúvio, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Evidências*, v.12, n.1, p.51-62, 2012.
- OLIVEIRA, E. S. et al. Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes em águas minerais envasadas, comercializadas na cidade do Recife-PE. In: *Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 13, 2013, Recife. *Anais...Recife*, 2013.
- PIGOSSO, Y. G.; DA SILVA, C. M.; DE PEDER, L. D. Infecção do trato urinário em gestantes: incidência e perfil de suscetibilidade. *Acta Biomedica Brasiliensia*, v.7, n.1, p.64-73, 2016.
- SANTOS, L. C. dos. Relatórios Técnicos período 1997-2007. Foz do Iguaçu: ITAIPU BINACIONAL, 2007.
- SANTOS, J. O. et al. A qualidade da água para o consumo humano: Uma discussão necessária. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v.7, n.2, p.19-26, 2013.
- SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. de. Proposta de um teste de hipótese para a existência de dependência espacial em dados geoestatísticos. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v.20, n.4, p.750-764, 2014.
- SILVA, N.; JUNQUEIRO, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. 2 ed. São Paulo: Varela, 2001. 317p.
- SILVA, N.; JUNQUEIRO, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. Manual de métodos de análise microbiológica de água. Campinas: ITAL/Núcleo de Microbiologia, v.164, 2004.

TAVARES, J. C. Microbiologia e farmacologia simplificada. 3. ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações, 2018. 202p.

TEÓFILO, Reinaldo F.; FERREIRA, Márcia. Quimiometria II: planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais, um tutorial. Química Nova, v.29, n.2, p.338-350, 2006.

VAITSMAN, D. S.; VAITSMAN, M. S. Água mineral. Rio de Janeiro: Interciencia, 2005. 219p.



Capítulo III

Manejo e conservação dos solos na recuperação de área degradada em APP pluvial na bacia do Paraíba do Norte

Ezequiel Sóstenes Bezerra Farias

Daniel Duarte Pereira

José Dantas Neto

Márden Souza Chaves

Introdução

No Semiárido nordestino a degradação ambiental, aliados a fatores climáticos e socioeconômicos, se não cuidados a tempo, podem levar a consequências mais drásticas no processo de desertificação (LIMA, 2004).

As áreas que antes eram ocupadas intensamente por matas ciliares, são as que mais sofreram impactos ambientais, segundo Botelho e Davide (2002), dentre vários fatores naturais e humanos, por possuírem os solos mais férteis e úmidos para a agricultura e o extrativismo vegetal.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Norte possui áreas que apresentam problemas de antropização a partir das suas matas ciliares. Segundo Araújo et al. (2010), a região mais vulnerável aos impactos ambientais e antropogênicos são as regiões do rio Taperoá e Alto Paraíba, pois esse setor é o mais seco do Estado, com menor índice pluviométrico, conseqüentemente, isso ocasiona intensa degradação no meio ambiente e a população residente.

A Bacia, possui uma área de 20.071,83 km², abrange 38% do território paraibano e abriga 1.828.178 habitantes. Ela é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba (AESA, 2011a).

Segundo Marcuzzo et al. (2012), o uso do solo na bacia do rio Paraíba é caracterizado intensivamente pela prática da agricultura e da pecuária, contudo há também uma grande porção ocupada por vegetação remanescente.

Para Silva et al. (2014), a agricultura, a mais antiga atividade econômica da humanidade, vem sendo acusada de agredir o ambiente por meio da destruição da vegetação, da degradação e poluição dos solos, do lançamento de produtos tóxicos nos mananciais e corpos d'água, se tornando em uma séria ameaça à biodiversidade.

A erosão dos solos agrícolas é, sem dúvida, um tipo de degradação que causa sérios danos ao meio ambiente; ela é visível e facilmente detectável (QUEIROZ NETO, 2003).

O estudo da erosão em regiões semiáridas, principalmente quando o solo e a vegetação se tornam vulneráveis por meio de atividades antrópicas, sem que haja conservação do ambiente explorado, indica que além do processo erosivo natural, o ambiente erodido pode sofrer um processo de desertificação (OLIVEIRA, 2019).

A erosão é a degradação mais prejudicial ao solo, ela causa graves danos ambientais, pois, reduz a capacidade produtiva das culturas, como também, provoca o assoreamento e poluição das fontes de água (COGO et al., 2003).

Para evitar a erosão, podem-se adotar medidas de controle do escoamento superficial, que tem como objetivo transportar as partículas do solo eliminando o desprendimento das mesmas que são causadas pelo impacto das gotas de chuva (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2014).

A degradação dos solos, pelo mau uso da terra, sem técnicas de conservação, relacionadas à diminuição da produtividade agrícola, que vem ocorrendo, vão reduzir o potencial produtivo futuro (STOCKING, 2003).

De acordo com Griebeler et al. (2005), várias são as práticas utilizadas para controlar a erosão hídrica em solos agrícolas, sendo normalmente divididas em práticas edáficas, vegetativas e mecânicas. As práticas mecânicas são aquelas nas quais são utilizadas estruturas artificiais para a redução da energia do escoamento da água, sendo a produção em curva de nível em terras agrícolas a prática mecânica mais difundida e utilizada.

Práticas vegetativas, mecânico-vegetativas e mecânicas (barreiras físicas), constituem-se como técnicas complementares de conservação do solo agrícola, permitindo, inclusive, a recuperação de áreas degradadas e a posterior produção de alimentos nessas áreas. (VERDUM et al., 2006).

Segundo Silva et al. (1993), em função da grande variação das chuvas registradas nas unidades geoambientais, identificadas na região semiárida do Nordeste brasileiro, é de fundamental importância também o preparo do solo com técnicas de captação de água de chuva in situ, visando assegurar os cultivos implantados em regime de sequeiro, principalmente para amenizar os efeitos do déficit hídrico ocorrido em anos de pouca precipitação pluviométrica.

Desta forma, em 2017, foi selecionada uma área degradada na bacia do rio Paraíba do Norte, região do Alto Paraíba, município de Camalaú-PB, para a implantação de uma unidade experimental com técnicas de manejo/conservação de solo e captação d'água que até então vem sendo manejada para fins de pesquisa.

Considerando a possibilidade de utilizar técnicas primárias de captação de água e de manejo e conservação dos solos para recuperação de áreas degradadas, este trabalho tem como objetivo descrever/replicar as técnicas introduzidas e apresentar alguns resultados preliminares do projeto em execução na área experimental.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se no município de Camalaú-PB, que de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), dista 331,7 km da capital João Pessoa, além

de estar inserido na Região imediata de Monteiro e na Região intermediária de Campina Grande. Ainda, estima-se que em 2020, a população do município era de 6.013 habitantes.

Camalaú está localizado na região fisiográfica paraibana do Sertão dos Cariris Velhos, conhecida também como Cariri (MOREIRA, 1989), onde fica localizada a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Norte, região do Alto Paraíba (Figura 1). Possui coordenadas geográficas 7°53'10" de latitude sul e 36°09'05" de longitude Oeste e apresenta cotas altimétricas médias de 513 metros. A vegetação é típica de Caatinga, do tipo arbóreo-arbustiva. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Bsh semiárido, com chuvas de verão e outono variando entre 350 à 700mm e temperatura média anual de 24°C (LUCENA & PACHECO, 2009).

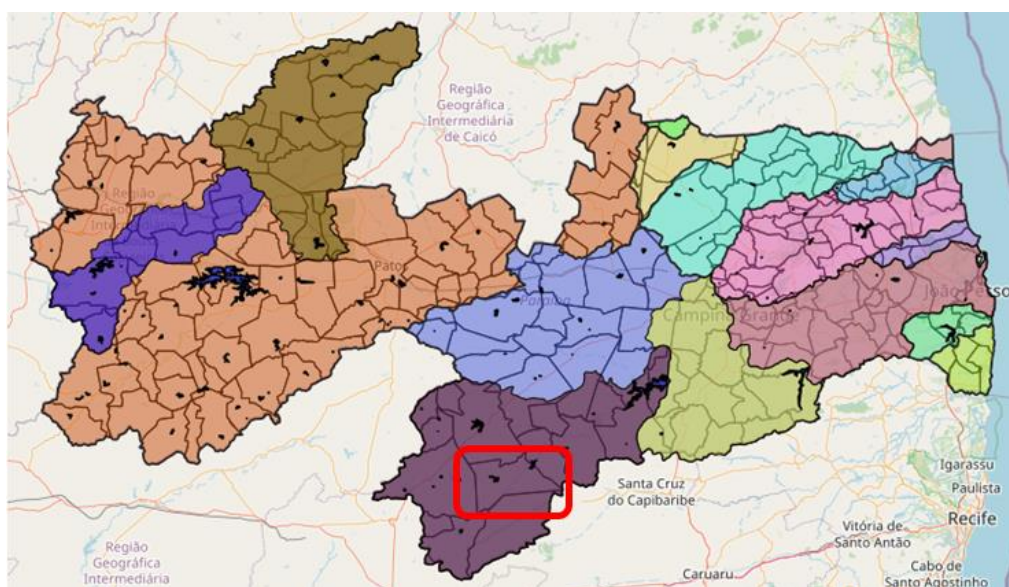


Figura 1. Localização do município de Camalaú na região do Alto Paraíba, bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Norte. Fonte: adaptado de AESA (2021).

A unidade experimental em estudo, foi instalada no ano de 2017 em parceria com a UFCG/PEASA, UFPB/CCA, Prefeitura Municipal de Camalaú, Sebrae, INSA, Embrapa Algodão e Governo do Estado da Paraíba. Situada no Sítio Viegas, distante cerca de 2 km do centro da cidade, onde no mesmo, existem cerca de 800 m de leito do rio Paraíba do Norte.

A unidade de estudo possui uma delimitação de 50 m x 0,50 m (0,25 ha) de área de recuperação com curvas de nível seguindo uma curva mestra, sob solo Luvissole Crômico degradado com pedregosidade, com histórico de uso de extrativismo vegetal, caprinocultura, bovinocultura e cultivo de olerícolas.

Foram confeccionadas onze curvas de nível com cordões de contorno utilizando-se a princípio a pedregosidade existente (barreiras físicas), e depois com mudas de sisal/agave híbrido Embrapa 11648, conforme apresentado na Figura 2.

Francisco & Dantas Neto (2021)

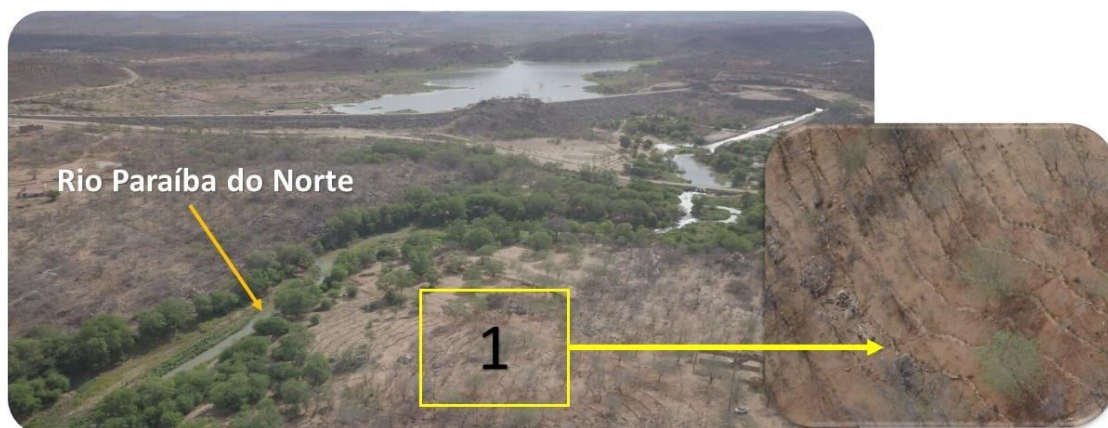


Figura 2. Imagem aérea da unidade experimental no sítio Viegas, Camalaú-PB.

As curvas de nível foram confeccionadas a partir da utilização de um instrumento rudimentar denominado como pé-de-galinha (Figura 3).



Figura 3. Utilização do instrumento Pé de Galinha para confecção de curvas de nível mestra.

O pé-de-galinha é uma tecnologia rudimentar da topografia que vem sendo utilizado na demarcação de curvas de nível, no cálculo da diferença de nível entre dois pontos e no cálculo de declividade de terreno. Segundo Chaves (1982), trata-se de um parêlo simples cujo formato é de um "A". O fio que desce do vértice do aparelho serve para encontrar os pontos de mesma altura ou cota.

A tecnologia social do pé-de-galinha, apesar de ser milenar, ainda é pouco difundido e utilizado na região do Cariri paraibano, muito embora seja um equipamento de fácil construção, fácil manuseio e economicamente barato. Contudo, frente a sua grande utilidade, merece ser mais divulgado entre os produtores.

Como prática conservacionista do solo de natureza mecânica, foram confeccionados onze cordões de pedra em contorno seguindo as curvas de nível, em razão da disponibilidade de material rochoso na área, com o objetivo de diminuir o volume e a velocidade das

enxurradas, forçando a permanência do solo, a deposição de sedimentos na área e a redução do assoreamento do solo no curso de água (Figura 4).



Figura 4. Cordões de contorno com pedra.

A aplicabilidade dessa prática é mais adequada nas áreas cujas unidades de solos apresentam pedregosidade superficial, como os Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos, priorizando as áreas críticas da propriedade, e que haja disponibilidade de mão-de-obra (OLIVEIRA, 2001).

Em relação a área de manejo para construção dos cordões de pedra, é necessária a disponibilidade em quantidade de material rochoso na área ou nas proximidades, mesmo que em tamanho superior e que seja necessário à sua divisão em pequenos pedaços.

Como prática mecânico-vegetativa e produção de forragem futura (banco de energia), foi introduzido na área o sisal, adquirido na unidade experimental da Embrapa Algodão, Monteiro, Paraíba. O sisal foi plantado no espaçamento de 1,0 m em linha, totalizando cerca de 50 mudas por cordão. Como os cordões eram distanciados em 5,0 m um do outro, resultou em um espaçamento de sisal de cerca de 5,0 m x 1,0 m. O plantio foi realizado entre os meses de março e de maio de 2017 (Figura 5).



Figura 5. Plantio de agave em curva de nível.

Segundo Queiroga (2021), existe uma estreita relação do agave com os serviços ecossistêmicos através do uso dessa espécie para resolver problemas ambientais, sendo utilizada na neutralização da desertificação e da erosão do solo. Formando uma espécie de barreira natural de contenção de solo e auxiliando na retenção de água e orvalho

Queiroga (2020), destaca a eficiência do agave utilizado em barreiras de contenção, ao afirmar que é uma planta muito útil, devido a uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas. Essa espécie caracteriza-se pelo desenvolvimento em ambientes áridos e semiáridos em solos pobres, ajudando na retenção de água e conservação de solo por evitar a erosão (controle de escoamento).

Uma das necessidades vigentes na região em estudo é a conservação de água e solo, diante dessa demanda, o agave se apresentou de forma positiva para a confecção de barramentos, além de ser uma espécie muito resistente à estiagem e doenças. A variedade híbrida Embrapa 11648, conseguiu produzir em pequeno espaço de tempo, com produção de fitomassa suficiente para ser utilizada no forrageamento de rebanhos.

Ainda, em se tratando do agave, o seu fechamento rápido no espaçamento estreito utilizado na unidade experimental, permitiu a formação de cordões que barram a velocidade da água e auxiliam na sua infiltração, além de proporcionar o depósito de sedimentos entre as linhas, o que acarreta na formação de bancos de sementes de espécies nativas. A sua função ecológica está sendo atendida por meio da estratégia de contenção de solo e água pela formação de um eficiente cordão de contorno.

Os cultivos acompanhando os cordões de contorno se apresentam como barreiras parciais, bloqueando o livre escoamento de água concentrada das enxurradas, sem necessariamente modificar a topografia do terreno. No entanto, apenas com a prática do cultivo em curva de nível, sem haver outras técnicas de contenção de solo, frente as chuvas torrenciais da região Semiárida, o seu efeito é minimizado ou anulado, onde a água irá sobrepor as linhas e formar enxurradas.

No intuito de se controlar os processos erosivos com adoção de práticas de conservação do solo e água, foram utilizados materiais inertes (resíduos sólidos), como pneus desgastados, estes, doados pela Prefeitura Municipal de Camalaú. Ainda, foram foi utilizada parte da pedregosidade existente como barreira física, nas áreas em processo de ravinamento (Figura 6).



Figura 6. Contenção dos processos de erosão mais acentuados utilizando cordões de pedras e pneus em arco.

A erosão em sulcos presente em vários pontos da área ocorreu em razão da ausência de uma cobertura vegetal mais densa que pudesse conter o escoamento superficial e que foi retirada de acordo com o tipo produção e exploração da área.

Os pneus vêm sendo cada vez mais utilizados em muros de contenções físicas para o controle de erosão, apresentando resultados satisfatórios de acordo com Machado (2007).

Ainda, sobre a utilização de pneus na contenção do processo erosivo, alguns fatores são relevantes, como: custos com transporte, mão-de-obra e aquisição do material. Nesse sentido, a construção de uma parceria com a Prefeitura Municipal de Camalaú foi decisiva, principalmente com a disponibilidade em quantidade necessária do material desgastado e o tipo de veículo adequado para o seu transporte. Deve ser levado em conta também, a rápida utilização dos pneus, principalmente pelo fato dos mesmos serem recipientes de acúmulo d'água, onde podem se alojar insetos vetores de algumas doenças como a dengue.

Como técnica de captação de água e de contenção de sedimentos do solo, foram confeccionadas valas de 0,25 m de largura e 0,20 m em fileiras duplas entre as curvas de nível, distando 1,50 m entre as mesmas, estas, identificadas como captação de água *in situ* (Figura 7).



Figura 7. Confeção de sulcos com barramento para captação de água *in situ* na área de estudo.

As barreiras dentro do sulco têm a finalidade de impedir o escoamento da água de chuva e promover maior infiltração, podendo ser confeccionadas antes ou depois de o cultivo ser implantado. A simplicidade do barrador de sulco e seu baixo custo viabilizam a adoção dessa técnica pelos pequenos agricultores do Semiárido brasileiro (ANJOS et al., 2000).

Quanto a escolha do modelo de curva de nível a ser implantado, se mestra ou livre, o primeiro é mais atrativo aos agricultores, em decorrência da uniformidade da espacialização do terreno para cultivo. No entanto, em se tratando da captação de água *in situ* e por, neste modelo, as linhas não acompanharão fielmente a declividade do terreno, os sulcos obrigatoriamente devem conter barramentos de dois em dois metros para diminuir o poder de arrasto do escoamento de água superficial e aumentar a drenagem de água no solo.

De acordo com Brito et al. (2008), o sistema de preparo do solo com sulcos barrados apresenta os menores valores de perdas de água e de solo comparando com o sistema tradicional de preparo do solo.

Considerações Gerais

Neste trabalho foram apresentadas, de forma prática, técnicas primárias de captação de água e de manejo e conservação dos solos para recuperação de áreas degradadas. Foram abordados, também, aspectos edafoclimáticos que sugerem a implantação e aprimoração de técnicas de preparo e manejo do solo, a exemplo de captação de água *in situ*, barreiras de contenção de erosão, cultivo em curvas de nível, cordões de contorno, abertura de sulcos com barramentos e cultivo de agave em faixas por serem adequadas para a realidade apresentada, uma vez que, além de aumentar a disponibilidade de água para as plantas, também conservam os solos.

Tais práticas não se configuram como inovação tecnológica, mesmo assim, vale salientar a importância da disseminação de práticas conservacionistas por meio de orientação técnica convincente, para que o princípio de replicabilidade seja atingido, afinal, sensibilizar agricultores que tradicionalmente “cultivam morro abaixo” sobre a importância das curvas de nível, não é tarefa fácil e tampouco impossível. Entretanto, embora as técnicas e tecnologias aqui apresentadas sejam assimiláveis pelos produtores, faz-se necessário haver uma capacitação dos mesmos.

Considerou-se então que, visando uma produção sustentável no Cariri paraibano, tem-se as diferentes práticas de manejo e conservação dos solos associadas aos sistemas de captação de água das chuvas como alternativas viáveis para uso no meio rural.

Referências Bibliográficas

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Proposta de criação do comitê de bacia hidrográfica do rio Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>. Acesso em: 14 mar. 2011.
- ANJOS, J. B.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. Métodos de captación de água de lluvia in situ e irrigación. In: FAO. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma, 2000. p.139-150. (Boletín de Tierras y Águas, 8).
- ARAÚJO, L. E. de et al. Impactos ambientais em bacias hidrográficas – caso da bacia do rio Paraíba. Tecno-Lógica, v.13, n.2, p.109-115, 2010.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014. 1450p.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: Simpósio Nacional Sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 5, 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SOBRADE, 2002.
- BRITO, L. T. L. et al. Perdas de solo e de água em sistemas de captação in situ no Semi-Árido brasileiro. Engenharia Agrícola, v.28, n.3, p.507-515, 2008.
- CHAVES, R. de S. Controle da erosão pelo plantio em curva de nível. FCAP, 1982.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declives e níveis de fertilidade do solo. Revista Brasileira Solo, v.27, p.743-753, 2003.
- DOS ANJOS, J. B. et al. Métodos de captação de água de chuva "in situ". In: Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 9, 1999, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semi-Arido: 1999.
- GRIEBELER, N. P. et al. Modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível. Engenharia Agrícola, v.25, n.3, p.696-704, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/camalau/panorama>. Acesso em: 20/06/2021.
- LIMA, P. C. F. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. In: Reunião Nordestina de Botânica, 27, 2004, Petrolina. Anais...Petrolina: 2004.
- LUCENA, R. L.; PACHECO, C. O Cariri paraibano: aspectos geomorfológicos, climáticos e de vegetação, In: Encuentro de geografos de America Latina, 12, 2009, Montevideu. Anais...Montevideu, 2009.
- MACHADO, R. L. Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, RJ. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. DE L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL, A. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 11, 2012, João Pessoa. Anais...Porto Alegre: ABRH, 2012.

MOREIRA, E. R. F. Mesorregiões e microrregiões da Paraíba: Delimitação e caracterização. João Pessoa: Gasplan, 1989.

OLIVEIRA, E. M. de; SELVA, V. Estudo da erosão no Seridó paraibano como indicador do processo de desertificação: Juazeirinho, Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.12, n.3, p.876-894, 2019.

OLIVEIRA, J. B. Manual técnico operativo do PRODHAM. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2001.

QUEIROGA, V. de P. *Agave americana* L. tecnologias de plantio e produção de pulque. 1ed. (Org) QUEIROGA, V. DE P.; GONDIM, T. M. DE S.; MEDEIROS, J. DA C.; FIGUEIRÊDO NETO, A. Campina Grande: AREPB, 2020. 189p.

QUEIROGA, V. de P. Sisal (*Agave sisalana*, Perrine): tecnologias de plantio e utilização. 1. ed. (Org) QUEIROGA, V. DE P.; SILVA, O. R. R. F DA; MEDEIROS, J. DA C.; FRANCO, C. F. DE O. Campina Grande: AREPB, 2021. 217p.

SILVA, F. B. R. E.; RICHÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUZA NETO, N. C. de.; BRITO, L. T. de L.; CORREIA, R. C; CAVALCANTE, A. C; SILVA, F. H. B. B. da.; SILVA, A. B. da.; ARAÚJO FILHO, J. C. de. Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. v. 1. Petrolina-PE: EMBRAPA - CPATSA/Recife: EMBRAPA - CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993.

SILVA, M. B. R.; DE AZEVEDO, P. V.; ALVES, T. L. B. Análise da degradação ambiental no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Boletim Goiano de Geografia, v.34, n.1, p.35-53, 2014.

STOCKING, M. A. Tropical soils and food security: the next 50 years. Science, v.302, p.1356-1359, 2003.

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo. 2016.



Capítulo IV

Utilizando o método de Pearson para análises das estimativas hídricas no Alto Curso do rio Paraíba

Edilma da Silva Santos

José Dantas Neto

Clemilda Barreto de Sousa

Introdução

Em um mundo onde as demandas de água doce estão crescendo continuamente e onde os recursos hídricos limitados são cada vez mais desgastados por excesso de captação, poluição e mudanças climáticas, negligenciar as oportunidades decorrentes da gestão melhorada de águas é nada menos que impensável (ONU, 2017).

O semiárido nordestino, em cuja região localiza-se o alto curso da bacia do rio Paraíba, apresenta peculiaridades geossistêmicas dotadas de excentricidades, assim, como nos lembra Ab' Sáber (1990), a região se estende pelos imensos espaços das Caatingas do semiárido, onde reside uma sociedade marcada pela severidade climática e hidrológica.

Corroborando com Ab' Sáber (1990), os grupos humanos aprenderam a conviver com o ambiente semiárido, seus rios periódicos, seus solos de difícil manejo. E, por essa perspectiva, as questões hídricas são tomadas, aqui, como um dos elementos geossistêmicos, de igual modo, importante no processo de estudo da região.

Para Bruni (1994), os homens se estabelecem onde a água é abundante, junto aos cursos de água. As primeiras grandes civilizações surgiram nos vales de grandes rios - vale do Nilo no Egito, vale do Tigre-Eufrates na Mesopotâmia, vale do Indo no Paquistão, vale do rio Amarelo na China. Legitimando, o autor, todas essas civilizações construíram grandes sistemas de irrigação, tornaram o solo produtivo e prosperaram.

Paz (2004) por sua vez, também discorre que, face ao caráter de escassez atribuído à água atualmente, sendo reconhecida a importância em preservar e usar racionalmente esse recurso, uma vasta gama de profissionais tem se dedicado a estudar a hidrologia, entre eles os engenheiros, economistas, estatísticos, químicos, biólogos, químicos, matemáticos, geólogos, agrônomos, geógrafos.

Há vários estudos que determinam as estimativas e discursos sobre os recursos hídricos para o alto curso da bacia do Rio Paraíba. Como Marcuzzo et al. (2012) com detalhamentos hidromorfológico da bacia do Rio Paraíba; Silva et al. (2014) com análise da degradação ambiental do alto curso da bacia do Rio Paraíba; Alves e Azevedo (2017) com indicadores socioeconômicos e a desertificação no alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Assim, questiona-se, quais as disponibilidades hídricas para a população dos municípios do alto curso do Rio Paraíba, Camalaú, Monteiro, Caraúbas e São Domingos do Cariri para atender as necessidades básicas de saneamento para população.

Por esse aspecto, visa-se identificar as estimativas hídricas para a população do alto curso do Rio Paraíba que banha Monteiro, Camalaú, Caraúbas e São Domingos do Cariri a partir dos indicadores de SNIS (2018).

Material e Métodos

Pesquisas utilizando o modelo estatístico de Pearson

Vários autores utilizaram o método de análise de correlação de Pearson em trabalhos de Análises Fatorial por meio da matriz de correlação de Pearson e policórica no campo das cisternas (LORDELO et al., 2018) correlação entre uso da terra e qualidade da água em Menezes et al. (2014); indicadores de qualidade de água utilizando técnicas de análises multivariada em Sales et al. (2009); análises de correlação entre comportamentos e matrizes pesadas e variáveis ambientais em Penha et al. (2007).

Localização e caracterização da área

A área de estudo engloba os municípios de Monteiro, Camalaú, Caraúbas e São Domingos do Cariri em que são banhados pelo rio Paraíba (Figura 1). A bacia hidrográfica do rio Paraíba. Apresenta uma área de 20.071,83 km², compreendida ente as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35"; e 37°2'15" Oeste de Greenwich. É a segunda maior bacia do Estado. Abrange 38% do território e abriga 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da população total (AESAs, 2010).

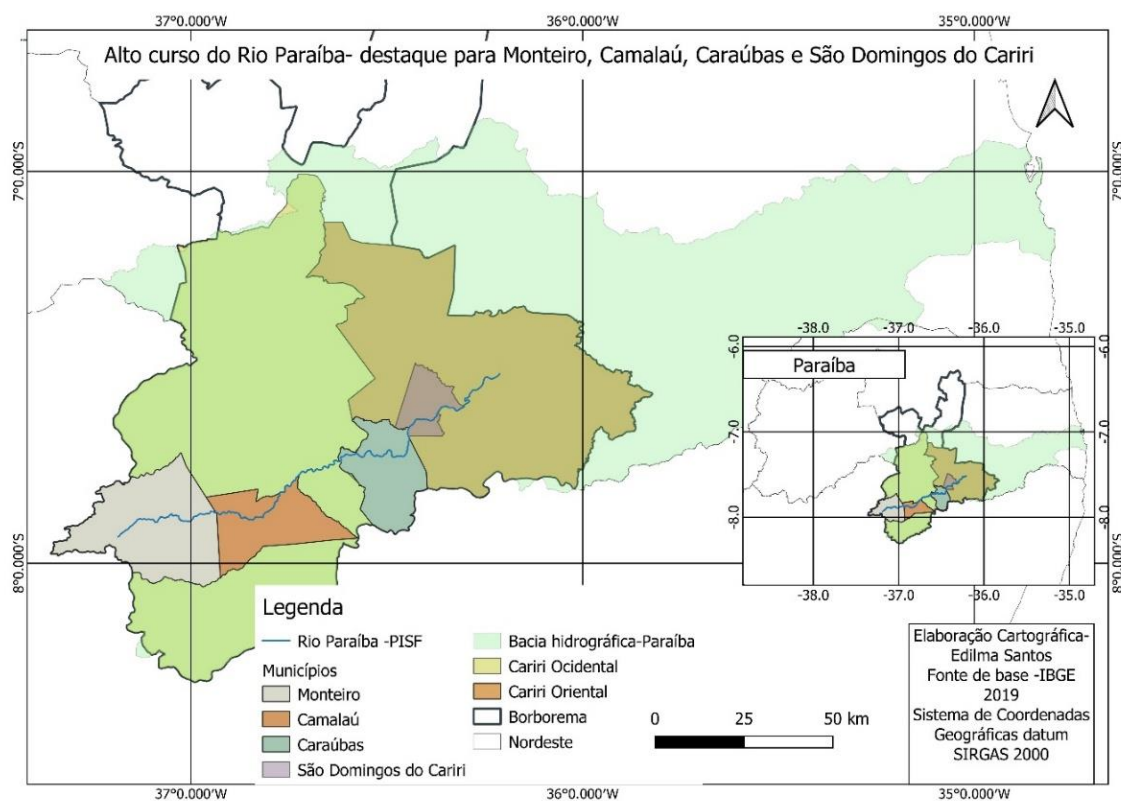


Figura 1. Municípios do alto curso do rio Paraíba. Fonte: adaptado de IBGE (2019).

Considerada uma das mais importantes bacias do semiárido nordestino, a bacia do rio Paraíba é composta pela sub bacia do rio Taperoá e regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba. Dessarte, Cirílio et al. (2015) a bacia do alto curso do rio Paraíba é pobre em volume de escoamento de água dos rios, essa situação pode ser explicada em função da variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, há predominância de solos rasos e rochas cristalinas, o resultado é a predominância de densas redes de rios intermitentes.

Considera-se um dos locais mais secos do Brasil, como nos lembra Álvares et al. (2014) e ainda conforme a classificação de Koppen (1928), o clima BSh é típico do Cariri paraibano e boa parte do Sertão. Portanto, são quentes, com pouca pluviosidade, em média de 400mm anuais. Conforme Diniz e Pereira (2015), a oscilação dos índices pluviométricos na Borborema se dá em decorrência da geomorfologia que apresenta o planalto da Borborema como empecilho à umidade.

Aspectos demográficos

Utilizou-se a base de dados do IBGE, dos indicadores por cidade e municípios para definir a densidade demográfica dos municípios. Assim, Monteiro apresenta uma área de 992,620 km² e densidade demográfica de 31,28 hab/km²; Camalaú tem área de 541,841 km² e densidade demográfica de 10,57 hab/km². O município de Caraúbas consta com 486,622 km² e densidade demográfica de 7,84 hab/km² e São Domingos do Cariri tem área de (233,835 km²) e uma densidade de (11,06 hab/km²). Dos municípios mais densamente povoadas tem-se Monteiro, devido sua extensão territorial, o mesmo é o maior município em extensão no Estado da Paraíba conforme os dados do IBGE (2010).

Coleta dos dados

Para análise de dados foram realizadas buscas no site do SNIS onde coletamos os dados no período referente à 2009- 2018, excetuando-se o ano de 2016, devido a insuficiência dos dados encontrados. O SNIS é o órgão responsável para ao saneamento de água, esgotos e resíduos sólidos no país, administrado pelo Governo Federal, no âmbito da Secretaria Nacional do Saneamento (SNS) e do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).

No SNIS são encontrados os agrupamentos dinâmicos dos indicadores com resultados detalhados das informações como os dados gerais, ano de referência, localização geográfica, estado, região e municípios.

Assim, foi consultada as séries históricas do SNIS e selecionados os principais índices de interesse. Em seguida foram selecionados os indicadores de interesse ao estudo população total, população total abastecida com e índices de perdas na distribuição. De igual modo, foram obtidos os municípios que incluem os dados de água e os agrupamentos dinâmicos de indicadores e informações por ano de referência.

Em seguida foram filtradas as informações de agrupamentos dinâmicos de água em 4 municípios do alto curso do rio Paraíba: Camalaú, Caraúbas, Monteiro e São Domingos do Cariri. Para isso, utilizamos de igual modo, uma série temporal de 10 anos (2009 a 2018) onde foram obtidos dados com 56 indicadores.

Após foi utilizada o Excel para análise dos dados dos indicadores de população total, população atendida com abastecimento de água e quantidade de ligações ativas por cada série histórica.

Análise estatística

Utilizando-se as planilhas elaboradas foi realizado a estatística do R^2 de Pearson.

Os cálculos para correlação de Pearson são utilizados segundo Hill et al. (2003) pela fórmula da Equação 1.

$$r = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{var(X)var(Y)}} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: $cov(X, Y)$ é a covariância entre X e Y, onde $var(X)$ e $var(Y)$ são as variâncias amostrais de X e Y.

Em Hill (2003) a fórmula da Eq.1 é usada em conjuntos e dados numéricos cujos valores são atribuídos, quando y é variável dependente x a variável independente, r é o coeficiente de correlação encontrado entre as variáveis que são associadas.

Figueiredo Filho e Silva Junior (2009), relatam que o coeficiente de correlação de Pearson não tem esse nome por acaso. É comum atribuir exclusivamente a Karl Pearson o desenvolvimento dessa estatística. E assim, o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida de associação linear entre variáveis (Tabela 1).

Tabela 1. Tipos de correlações e seus respectivos coeficientes

Coeficientes de correlações de Pearson	Tipos de correlações
R= 1	Perfeita positiva
$0,8 \leq R < 1$	Forte positiva
$0,5 \leq R < 0,8$	Moderada positiva
$0,1 \leq R < 0,5$	Fraca positiva
$0 < R < 0,1$	Íntima positiva
0	Nula
$0,1 < R < 0$	Íntima negativa
$-0,5 < R \leq -0,1$	Fraca negativa
$0,8 < R \leq -0,5$	Moderada negativa
$-1 < R \leq -0,8$	Forte negativa
R = -1	Perfeita negativa

Fonte: adaptado de Figueiredo e Filho (2009).

Resultados e Discussão

Números, atuais, estimados por açudes nos municípios de Monteiro, Camalaú, Caraúbas e São Domingos do Cariri

Conforme a Tabela 2, pode-se observar que os açudes dos municípios de Monteiro, Camalaú, Caraúbas e São Domingos do Cariri apresentam estimativas hídricas irregulares. Os resultados, também demonstram que, os maiores percentuais são dos reservatórios de Camalaú com 66,89% da capacidade. O açude de Camalaú tem capacidade para 48.107.240 m³ de água.

O açude de poções de Monteiro apresenta um percentual do volume de 90,94%. O reservatório do município de Monteiro, em junho de 2021, que apresentou estimativas da sua capacidade em 100% foi o açude São José II. Esse açude, apresenta uma capacidade de 1.313.078 m³, mas como os demais açudes, apresenta significância hídrica para o abastecimento do município (Tabela 2).

Os menores índices são dos açudes de Campos em Caraúbas que apresenta um volume de 0,60% de sua capacidade total. Como indicam os dados da AESA (2021) Campos tem capacidade para 6.594.392 m³. Em seguida, o açude de Serrote de Monteiro com 33,33% da capacidade. Serrote tem capacidade para 5.709.000 m³.

Tabela 2. Volume atual e percentual dos açudes da área de estudo

Açudes	Capacidade hídrica máxima (m ³)	Volume atual (m ³)	Volume atual (%)
Camalaú	48.107.240	32.179.098	66,89
Campos- Caraúbas	6.594.392	39.264	0,60
Pocinhos - Monteiro	6.789.305	4.695.903	69,17
Poções- Monteiro	29.861.562	27.154.618	90,94
Serrote- Monteiro	5.709.000	1.902.662	33,33
São José II- Monteiro	1.311.540	1.313.078	100,12
São Domingos do Cariri	7.760.200	4.012.938	51,71

Fonte: adaptado de AESA (2021).

População atendida com abastecimento de água

Nas análises dos fatores Índice de correlação entre população total e população com abastecida com água para o período de 2009 a 2018 (SNIS) tem-se que no x é variável independente, a população, e y é a variável dependente a população atendida com abastecimento de água (Figura 2).

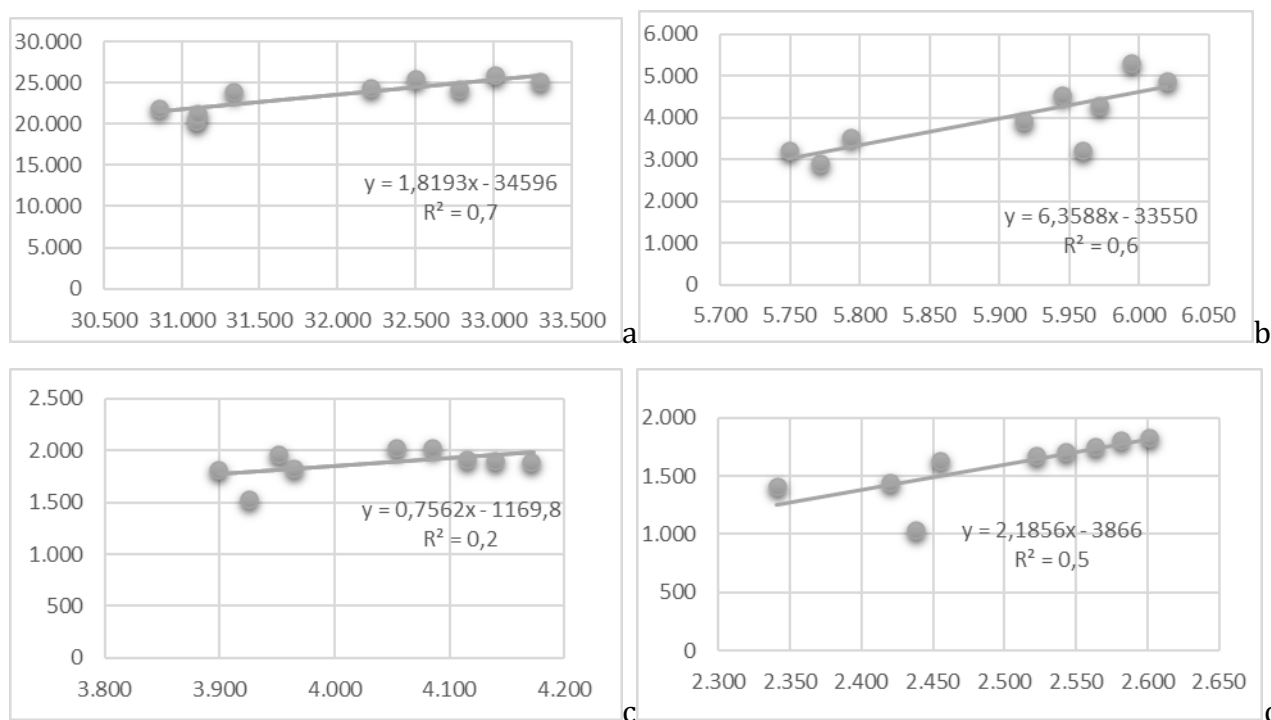


Figura 2. Índice de correlação entre população total e população com abastecida de água, a) Monteiro; b) Camalaú; c) Caraúbas; d) São Domingos do Cariri. Fonte: adaptado do SNIS (2018).

As análises dos dados para o município de Monteiro indicam que houve uma tendência linear crescente respectivamente da população total e população total atendida com abastecimento de água. Na representatividade dos números, o coeficiente do modelo

estatístico de Pearson resultou que o índice de determinação ou R^2 é de 0,7% e o R múltiplo é de 0,8. Portanto, índice moderado a forte, conforme a metodologia proposta por Pearson.

Para o município de Camalaú indicam que houve uma tendência linear crescente respectivamente da população total e população atendida com abastecimento de água. Na representatividade dos números, o coeficiente do modelo estatístico de Pearson resultou que o índice de determinação ou R^2 é de 0,6% e o R múltiplo é de 0,7.

Para o município de Caraúbas, indicam que houve uma tendência linear crescente respectivamente da população total e população total atendida com abastecimento de água. O coeficiente do modelo estatístico de Pearson R^2 é de 0,2% e o R múltiplo de 0,5.

Na análise dos dados para o município de São Domingos do Cariri, indicam que houve uma tendência linear crescente respectivamente da população total e população total atendida com abastecimento de água. Na representatividade dos números, o coeficiente do modelo estatístico de *Pearson* é 0,5% e o R múltiplo é de 0,7.

As perdas de água

O Trata Brasil (2020) analisa o comportamento das perdas de água no Brasil, com base no Sistema Nacional de Informação de Água e Esgotos – SNIS (2018) identifica altos percentuais das perdas de água. Portanto, o acesso à água potável de qualidade para a demanda populacional, continua, no cerne da urgência por água de qualidade, sendo uma questão de muitos debates e discussões no Brasil.

A Figura 3 dos indicadores sobre o saneamento no Brasil disponibilizados pelo Trata Brasil (2020), apresenta estimativas em percentuais, de como as perdas de água no país nos traz uma preocupação, visto que saneamento e acesos à água é uma questão de prioridade. O panorama dos investimentos em Saneamento no cerne das perdas de água na distribuição população total no Brasil indicam que, em 2017 à média foi de 38,29%, em 2018, 38,55 e em 2019 39,2%. São perdas bastante altas em um período onde as demandas por água potável está escasseando.

Assim, as estimativas nos índices de perdas de água no Brasil são crescentes, como indicam os dados na figura 3. Dessa forma, a água que se perde nos processos que envolve saneamento no país, poderia abastecer muitas famílias ainda sem acesso à água potável.

Ano	População total com água tratada (%)		População total com coleta de esgoto (%)		Esgoto tratado por água consumida (%)		Perdas de água na distribuição (%)		Investimento (R\$ bilhões médios de 2019)	
	Brasil	100 maiores cidades	Brasil	100 maiores cidades	Brasil	100 maiores cidades	Brasil	100 maiores cidades	Brasil	100 maiores cidades
2012	82,7	93,45	48,3	69,39	38,7	48,8	36,9	37,82	13,02	6,57
2013	82,5	92,91	48,6	69,14	39	48,03	37	39,08	13,12	6,32
2014	83	93,27	49,8	70,37	40,8	50,26	36,7	38,34	14,34	6,99
2015	83,3	93,84	50,26	71,05	42,67	51,72	36,7	37,77	13,14	7,05
2016	83,3	93,62	51,92	72,15	44,92	54,33	38,05	39,07	12,43	7,12
2017	83,5	94,60	52,36	72,77	46	55,61	38,29	39,5	11,76	6,4
2018	83,6	93,31	53,2	73,3	46,3	56,07	38,5	34,4	13,64	6,3
2019	83,7	93,51	54,1	74,47	49,1	62,17	39,2	35,66	15,7	7,97
EVOLUÇÃO pontos percentuais (p.p.)	+1,0 p.p.	+0,06 p.p.	+5,8 p.p.	+5,08 p.p.	+10,4 p.p.	+13,37 p.p.	+2,3 p.p.	-2,16 p.p.	+2,7	+1,4

Figura 3. Indicadores do saneamento entre 2012-2018 no Brasil. Fonte: Trata Brasil (2021).

O Trata Brasil (2020) nos lembra de que na base de dados do SNIS, existem problemas de natureza técnica, cujos resultados dos dados da base podem não ser digitados por falhas técnicas e humanas diversas, entre elas a não digitação dos dados. Dessa forma, os municípios de Caraúbas e Camalaú apresentaram campos sem dados na base disponíveis no período de estudo como se pode observar na Tabela 4.

Tabela 4. Perdas de água na distribuição da área de estudo

Ano/Município	Índice de perda na distribuição (%)			
	Monteiro	Camalaú	Caraúbas	São Domingos do Cariri
2018	34	50,47	13,74	18,97
2017	20,75	60,29	-	23,09
2016	10,69	40,73	50,74	25,91
2015	17,03	42,34	32,29	20,61
2014	21,91	-	0,85	13,93
2013	6,71	20,89	21,34	26,95
2012	25,6	28,46	17	26,53
2011	27,25	16,68	24,66	33,04
2010	26,59	35,45	21,87	25,61
2009	16,91	9,7	10,69	19,06

Fonte: adaptado do SNIS (2018).

As perdas na distribuição de água, comprometem o melhor desempenho do acesso. Assim, os valores estimados para os municípios do alto curso do Rio Paraíba, para o ano de 2018 como se observa nos dados obtidos do SNIS (2018), em Camalaú observou-se um alto percentual nas perdas de distribuição de água com 50,47%. Camalaú chegou a ter perdas na distribuição de 60,29% em 2017, em 2016 de 40,73%, e em 2015 de 42,34.

Em seguida, apresenta-se Monteiro com um número bastante elevado com 34% no ano de 2018. O município obteve um número de perdas na distribuição de água de 20,75 em 2017. Caraúbas obteve números altos do mesmo modo, em 2016, apresentou perdas de 50,54% e em 2018 as estimativas foram de 13,74%. São Domingos do Cariri apresentou perdas relativamente modestas em comparação com os municípios deste estudo onde as estimativas das perdas de água na distribuição em 2017 foram de 23,09% e em 2018 foi de 18,27%.

Quando comparados os dados, o Brasil apresentou em 2017, as estimativas de 38,9% e em 2018, 38,5% de perdas de água na distribuição. O município de Monteiro apresentou em 2017, 20,74% e em 2018, 34% ficando abaixo da média do Brasil. Por sua vez, Camalaú é o município da região do Alto Curso da bacia do rio Paraíba que apresenta os maiores índices de perda na distribuição, ficando o dobro acima da média em comparação com o Brasil. Em 2017, o município de Camalaú apresentou perdas na distribuição estimados em 60,29% e no ano de 2018, as estimativas foram de 50,47%.

A urgência pelo acesso à água de qualidade é uma das preocupações atuais, nesse sentido, a avaliação sobre a perda de água potável no país, em escala local e regional, se faz necessário frente aos desígnios atuais, que pedem um olhar mais racional para o acesso à água. Por essa perspectiva, órgãos nacionais como o ministério da Saúde (MS) e internacionais como a organização mundial da Saúde (OMS) vem nos avisar sobre a importância da higiene nos dias atuais.

Conclusão

Concluiu-se que as estimativas hídricas para os municípios do alto curso do rio Paraíba apresentaram números irregulares. Dessa forma, as correlações entre os fatores de população atendida com água e população total abastecida com água apresentou disparidades em Monteiro, a correlação entre população total e população total abastecida com água foi de 0,7, em Camalaú 0,6, em Caraúbas 0,2 e em São Domingos do Cariri foi de 0,7.

Conclui-se também que os índices de perdas na distribuição também apresentaram disparidades. Em Camalaú as ocorrências de taxas altas foram sucessivas entre 2015 a 2018.

Chegando a índices de 60,29% o dobro da média de taxa de desperdício na distribuição de água no Brasil cujo valor estimado foi de 39,5% no ano de 2018.

Desse modo, entende-se que as altas estimativas de perdas de água para os municípios do Alto Curso da bacia do rio Paraíba é uma das questões de urgência para que verificação e análises pelas empresas que detém os serviços de prestação água na região.

Referências Bibliográficas

- AB' SÁBER, A. Floram: Nordeste Seco. Universidade de São Paulo. Instituto de Estudos Avançados, v.4, n.9, 1990. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/8564>>. Acesso em: 04 de abril de 2021.
- ALVES T. L. B.; AZEVEDO P. V. D.; CÂNDIDO G. A. Indicadores socioeconômicos e a desertificação no alto curso do Rio Paraíba. Rev. Ambiente e Sociedade, v. 20, n.2, 2017.
- BRUNI. J. C. A água e a vida. Tempo Social. Rev. Sociol., v.5, n.1-2, p.53-65, 1993.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 107f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- 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, n.4, p.1006-1016, 2015.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; DA SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, v.18, n.1, 2009.
- HILL, P. C.; GRIFFITHS, W. E.; JUDGE, G. G. Econometria. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 471p.
- MARCUZZO F. F. N.; OLIVEIRA N. L.; CARDOSO M. R. D.; TSCHIEDEL A. F. Detalhamento hidromorfológico da bacia do Rio Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2012. Anais...2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb>>. Acesso em: 03 de set de 2020.
- SNIS. Sistema Nacional de Saneamento de Serviços Água e Esgotos. 2018. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 22 de agosto de 2020.
- RODRIGUES. S. M. B.; VIEIRA, P. de A.; BEZZERRA. T. L. A. Análise da degradação ambiental no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Boletim Goiano de Geografia, v.34, n.1, p.35-53, 2014.

PAZ A. R. Introdução à hidrologia. Apostila. UFPB. 2004. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pd> Acesso em: 2 de jul. 2021.

TRATA BRASIL. Saneamento é Saúde. Ranking do saneamento. 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking_2020/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2020_1.pdf>. Acesso em: 29 de jun. 2021.

TRATA BRASIL. Saneamento é saúde. 2021. Ranking do saneamento disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2021/03/23/55-milhoes-de-brasileiros-sem-agua-tratada-e-quase-22-milhoes-sem-esgotos-nas-100-maiores-cidades-segundo-novo-ranking-do-saneamento/>>. Acesso em: 25 de jun. 2021.

UNESCO. Programa Mundial de Avaliação da Água. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2017. 11p. disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367276_por. Acesso em: 3 de junho de 2021.



Capítulo V

Uso racional da água em sistemas de dessalinização instalados na região semiárida brasileira

Márcia Liana Freire Pereira

Else Farias Albuquerque

Weruska Brasileiro Ferreira

Vera Lucia Antunes de Lima

Introdução

O acesso a água potável e ao saneamento básico constitui um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas (UN, 2015). A agenda, por meio do objetivo 6 (ODS 6) e suas metas, propõe um plano de ação para garantir a universalização do acesso à água, assegurando a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Estima-se que mais de 1,1 bilhões de pessoas no mundo ainda não têm acesso a água potável e 2,6 bilhões, a outros serviços de saneamento, ocasionando graves problemas relacionados à segurança hídrica e a saúde global, como por exemplo, o fato de 650.000 crianças morrerem por ano em função de doenças de veiculação hídrica (WWC, 2018).

O Painel Saneamento Brasil informa, baseado em dados de 2018, que 16,4% da população brasileira ainda não possui acesso à água (SNIS, 2018), apesar de existir uma política nacional de saneamento por meio da Lei 11.445/2007 que estabelece diretrizes para universalização do acesso aos serviços de saneamento, incluindo a oferta de água em quantidade e qualidade necessárias para o desenvolvimento das atividades da população (BRASIL, 2007). Em se tratando da região nordeste, 25,8 % da população não tem acesso a água.

Apesar dos maiores desafios enfrentados atualmente no planeta com relação ao tema crise hídrica, que são o aumento da demanda pelo uso da água e as mudanças climáticas, no cenário brasileiro ainda se tem disponibilidade hídrica privilegiada, representando mais de 50% dos recursos hídricos da América do Sul e 13% da disponibilidade mundial (CIRILO, 2015). Porém, existe uma má distribuição dentro do território nacional que ocorre devido ao gerenciamento dos recursos hídricos e à escassez física, como ocorre na região semiárida do país.

A região semiárida brasileira representa 13,2% do território nacional e abriga 12,8% da população brasileira. Devido apresentar baixo potencial hidrogeológico, baixa pluviosidade, elevadas taxas de evaporação e salinidade do meio em função de aspectos climáticos, litológicos e geomorfológicos, vive com o acometimento de secas que ocorrem em ciclos, sendo um complexo fenômeno natural, recorrente, climático e inevitável, que conduzem a ações para mitigar os seus efeitos, conviver com o fenômeno, reduzir as vulnerabilidades e precisar a duração do fenômeno, sendo estes os principais desafios (CIRILO, 2015).

Um das metas do ODS 6 propõe a ampliação e o apoio de atividades e programas relacionados à água e saneamento, dentre estes, a dessalinização. No Brasil, a dessalinização vem sendo utilizada desde a década de 90 como uma tecnologia alternativa de tratamento de água para consumo humano, principalmente nas comunidades inseridas no semiárido, onde na

grande maioria das vezes, a única fonte hídrica advém de poços tubulares profundos que apresentam águas com altos teores de sais dissolvidos (BRASIL, 2012).

Uma das iniciativas de uso racional da água que serão elencadas neste trabalho tem como base a experiência do Programa Água Doce (PAD), cujo principal objetivo é levar água de boa qualidade a comunidades rurais da região semiárida brasileira, por meio da instalação de sistemas de dessalinização. O PAD possui na sua metodologia, entre outros fatores, o cuidado com o monitoramento da qualidade da água dos sistemas instalados, monitoramento e manutenção dos sistemas e a construção de acordos de gestão compartilhada nas comunidades atendidas, fatores que contribuem para a sustentabilidade dos sistemas em médio e longo prazo (BRASIL, 2021).

Sistemas de dessalinização implantados no semiárido brasileiro

A Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 4 de maio de 2021, define o conceito de solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano como a modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, sem rede de distribuição, e que a água fornecida atenda ao padrão de potabilidade vigente (BRASIL, 2021).

O fornecimento de água para consumo humano por meio de solução alternativa coletiva só é autorizado quando não existe rede de distribuição de água, exceto em emergência e intermitência. O controle da qualidade da água e as práticas operacionais adotadas nesse processo devem ser inspecionadas e caso necessário deve-se notificar os respectivos responsáveis para sanar qualquer irregularidade identificada (BRASIL, 2021).

As soluções alternativas podem ser usadas de forma transitória, em caso de emergência de origem natural ou operacional, ou de modo permanente, por longos períodos, em localidades com escassez hídrica ou que não tem acesso ao abastecimento público, a exemplo de comunidades rurais difusas do semiárido, onde as soluções alternativas de abastecimento tornam-se mais viáveis. As soluções alternativas de abastecimento de água mais comuns são carro-pipa, cisterna, poço com chafariz coletivo e sistema de dessalinização (FERREIRA, 2008).

No caso do semiárido brasileiro, os sistemas de dessalinização instalados são de pequeno porte e possuem baixa eficiência na produção de água potável, sendo o subproduto gerado, o concentrado salino ou rejeito da dessalinização, o maior volume produzido (60 a 70%) (BRASIL, 2021).

Quando se trata do sistema alternativo coletivo de abastecimento de água, o permeado, após dosagem de cloro residual, é dirigido para o consumo humano. Por outro lado, o concentrado que possui salinidade superior a água do poço deve ter um destino adequado, a

depende da qualidade, pode ser utilizado para dessedentação animal ou condicionado em tanques (PEREIRA, 2017). A Figura 1 apresenta o sistema padrão de dessalinização para águas salobras encontrado em diversas localidades rurais do semiárido brasileiro.

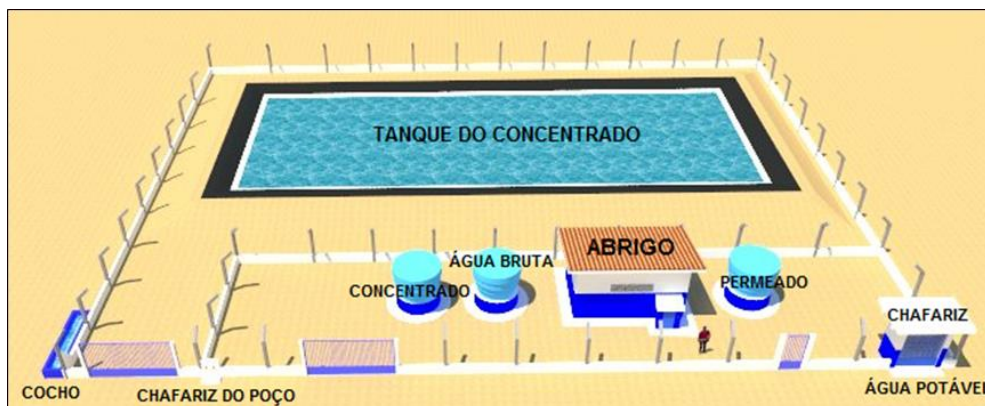


Figura 1. Sistema de dessalinização. Fonte: PAD/PB.

O sistema de dessalinização padrão implantado pelo Programa Água Doce do Governo Federal é composto por um poço tubular (fonte de água bruta), um reservatório para água do poço, uma construção em alvenaria (abrigo), um dessalinizador, um reservatório para o permeado, um chafariz para distribuição da água potável (água dessalinizada clorada), um reservatório para o concentrado, um chafariz para distribuição da água bruta e do concentrado, um bebedouro para animais e um tanque para contenção do concentrado que não for utilizado (PEREIRA, 2017).

Na Figura 2 pode-se observar o fluxograma dos sistemas de dessalinização instalados no semiárido brasileiro pelo PAD, onde podemos observar o fluxo da água através dos equipamentos que o compõem, bem como, a definição que permite caracterizar a água quanto à qualidade e os usos preponderantes.

Os principais equipamentos do sistema de dessalinização são: Bomba submersa do poço (equipamento de captação da água bruta); Filtros e bomba dosadora (equipamentos de pré-tratamento da água de alimentação do dessalinizador); Dessalinizador (equipamento que realiza o tratamento da água salobra do poço utilizando vasos de pressão, membranas de osmose inversa e uma bomba de alta pressão); Bomba dosadora de cloro (equipamento de pós-tratamento do permeado); Reservatório e chafariz (equipamentos de manejo da água potável); Reservatório, cocho e chafariz (equipamentos de manejo do concentrado); Reservatório e bomba de lavagem das membranas de osmose inversa e reservatórios das soluções químicas de pré e pós tratamento (equipamentos de manejo e estoque de produtos químicos) (PEREIRA, 2017).

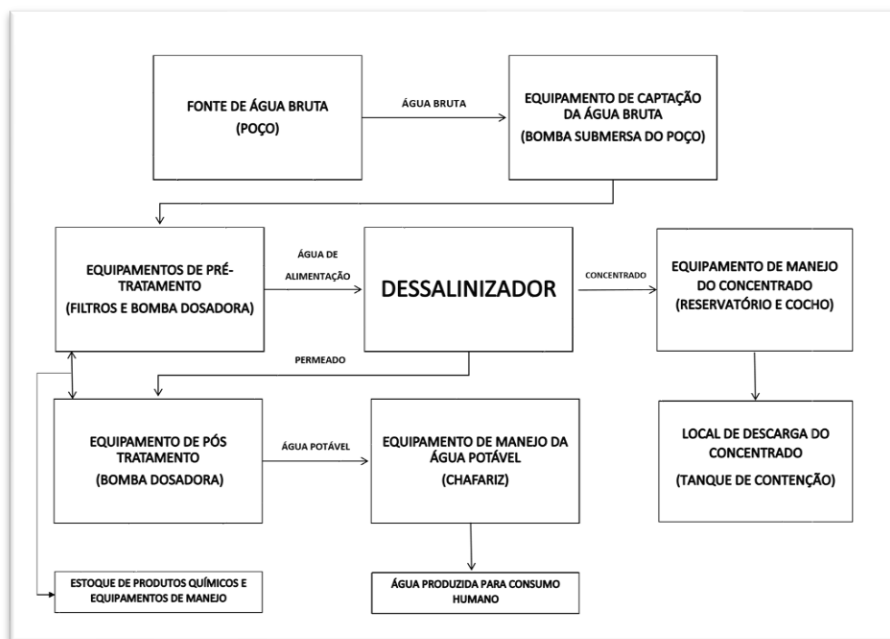


Figura 2. Fluxograma do sistema de dessalinização do PAD. Fonte: Pereira (2017).

Em cada estado, no qual o PAD está em execução, as atividades são realizadas em três fases distintas que compreendem a realização de um diagnóstico socioambiental e técnico para a seleção das comunidades, a implantação ou recuperação de sistemas de dessalinização nas comunidades selecionadas e a operação, monitoramento e manutenção destes sistemas (BRASIL, 2021).

A fase de operação, manutenção e monitoramento é fundamental para a avaliação e verificação de possíveis falhas na gestão e no funcionamento dos sistemas de dessalinização para que medidas corretivas sejam realizadas a contento. A avaliação com relação ao equipamento de dessalinização é realizada por meio da interpretação dos laudos das análises de água e das variáveis de operação do equipamento.

Qualidade da água e o uso racional

O conceito de qualidade da água está relacionado as características de natureza química, física e biológica apresentadas e determinadas pela sua composição. A água apresenta elevada capacidade de dissolução e transporte e, em seu percurso, superficial ou subterrâneo pode incorporar muitas substâncias, as quais provêm do próprio ambiente natural ou são introduzidas a partir de atividades humanas. A partir da caracterização da água são determinados parâmetros que classificam a qualidade para determinado uso (DERISIO, 2012).

Sendo assim, a água no sistema de dessalinização apresenta diferentes necessidades de caracterização quanto a qualidade para o uso a que está destinada e que podem ser definidas,

de acordo com a Figura 2, como: água bruta (fonte hídrica), água de alimentação do dessalinizador (água pré-tratada), permeado (água dessalinizada produzida), concentrado (água para dessedentação animal) e água potável (produto tratado ou água produzida para consumo humano), conforme serão tratadas individualmente a seguir (PEREIRA, 2017).

Fonte Hídrica: Água Bruta

O projeto e a instalação de um sistema de dessalinização com membranas de osmose inversa devem ser precedidos de análise detalhada sobre os objetivos de qualidade de água a serem atingidos. O tipo de membrana que será utilizada depende principalmente da avaliação detalhada da qualidade da água da fonte hídrica e de sua variabilidade ao longo do tempo para evitar erros de projeto que podem comprometer a eficiência na operação e a sua viabilidade econômica (PEREIRA, 2017). A pressão de operação, outro parâmetro de projeto, depende da concentração de sais da água bruta e deve ser superior à pressão osmótica da água salobra que se deseja dessalinizar.

A partir da demanda por água para consumo humano, da vazão do poço e da caracterização da água por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, há condições de definir o projeto do dessalinizador, que consiste em identificar: os melhores elementos de membranas, as condições de funcionamento e o tipo de pré-tratamento necessário a fim de proteger os elementos de membranas contra vários fenômenos de incrustações e pode ser realizado por meio de filtros ou pela adição de produtos antincrustantes ou complexantes, dependendo da composição físico-química da água bruta (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

Todos os dados mencionados anteriormente são importantes para definir parâmetros de projeto do dessalinizador, tais como, a pressão de operação, as vazões de alimentação e a recuperação do equipamento, que consiste na fração da vazão de alimentação que será utilizada para produzir água dessalinizada que atenda às necessidades de consumo primário da comunidade (água para beber e cozinhar) (BRASIL, 2012).

Pré-tratamento: Água de Alimentação

A água bruta deve ser tratada a partir da fonte hídrica para produzir a corrente de água que irá alimentar o equipamento de dessalinização, também denominada de água de alimentação. Os tratamentos indicados durante esta etapa são: tratamentos mecânicos para remoção de sólidos em suspensão, óxidos de metais (ferro e manganês), sílica particulada etc.; e tratamentos químicos para evitar precipitação de substâncias na superfície das membranas assegurando um desempenho mais eficaz e menos problemático do dessalinizador.

A formação indesejável de depósitos nas superfícies de membranas ocorre quando os sólidos que devem ser retidos no pré-tratamento, não são arrastados pela corrente do concentrado. Em consequência, os sais dissolvidos, os sólidos suspensos e os microrganismos acumulam na superfície da membrana, diminuindo o seu desempenho, comprometendo o resultado em termos de produção de água dessalinizada por meio da redução do fluxo de permeado. Estes depósitos podem ser classificados em quatro categorias: depósitos inorgânicos, depósito coloidal, sólidos em suspensão e material biológico.

Os depósitos inorgânicos são originados de sais normalmente solúveis na água que precipitam e cristalizam na superfície e dentro dos poros das membranas. Isso é facilmente entendido quando verificamos que na área externa (saída do concentrado) próxima à membrana, a concentração de sais é bem superior à concentração de sal na água de alimentação, podendo ultrapassar o limite de solubilidade com a consequente precipitação desses sais (SOUSA, 2003; GHAFOUR, 2002). Os sais dissolvidos mais comumente encontrados nas águas subterrâneas do semiárido brasileiro são CaSO_4 , CaCO_3 e a sílica. Outros sais que geram problema potencial de incrustação são CaF_2 , BaSO_4 e SrSO_4 (NING, 2015).

O depósito coloidal pode ser de origem inorgânica ou orgânica, e tendem a se aglomerar na entrada (face anterior) da membrana, notadamente nas primeiras membranas. Os sólidos em suspensão são partículas maiores de origens diversas e que também possuem tendência a se depositar nos canais de fluxo da membrana, gerando perdas de carga e facilitando posteriores incrustações (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

O depósito orgânico de origem biológica é constituído por fungos e bactérias e apresenta maiores problemas, porém, as águas subterrâneas estão geralmente biologicamente estabilizadas, ou seja, possuem baixas cargas de microrganismos formadores de biofilmes e baixa disponibilidade de compostos orgânicos utilizados por estes microrganismos (NING, 2015). Porém, em poços que estão desprotegidos, haverá uma probabilidade maior da ocorrência de microrganismos e matéria orgânica na água, principalmente se houver atividades antropogênicas nas proximidades.

O acúmulo destes depósitos na superfície das membranas de osmose inversa gera as indesejáveis incrustações que causam problemas na operação do equipamento de dessalinização. A Figura 3 destaca as substâncias e o tipo de problema que geram para as membranas de osmose inversa (RAUTENBACH & ALBRECHT, 1989).

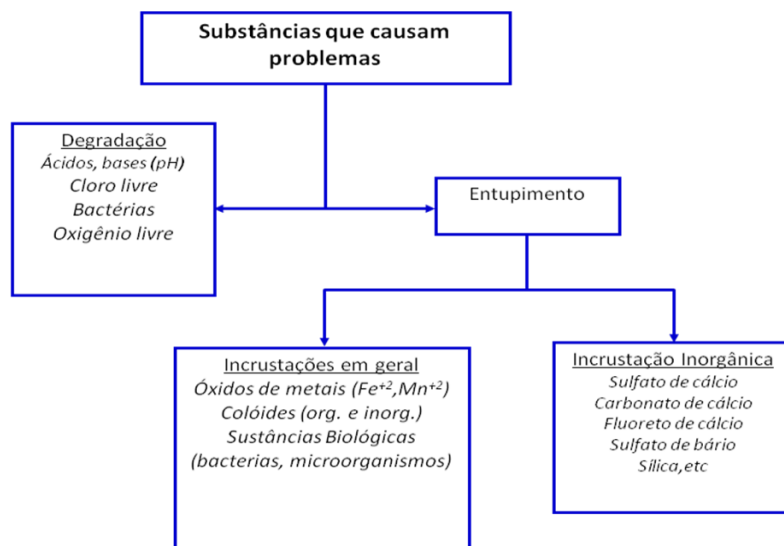


Figura 3. Substâncias que causam danos as membranas.

Fonte: Rautenbach e Albrecht (1989).

Pós-tratamento: Água Dessalinizada

Com relação à dessalinização de águas subterrâneas salobras, o processo de osmose inversa, é uma excelente alternativa de abastecimento para o consumo humano, em função dos resultados bacteriológicos e físico-químicos se apresentarem dentro dos padrões de potabilidade compatíveis com as normas nacionais (FERREIRA, 2008).

O processo de dessalinização por osmose inversa representa uma barreira efetiva para organismos patogênicos. Porém, para manter a qualidade da água dessalinizada é recomendável adotar medidas para estabilizar a água e prepará-la para distribuição, tais como (WHO, 1980):

a) Manter a desinfecção final após dessalinização para garantir a inativação de bactérias e vírus em função da ocorrência de problemas na integridade das membranas. Embora uma membrana de osmose inversa remova todos os microrganismos da água, ela pode não ser 100% eficaz, se apresentar defeitos, falhas ou vazamentos.

b) Em alguns casos pode-se fazer uso da água do poço para remineralizar a água dessalinizada para consumo humano. Nestes casos, a água do poço deve ser tratada para alcançar as metas de qualidade microbiológica, definida com base na contaminação da água bruta. Uma água contaminada não deve ser misturada com água dessalinizada. É recomendável, neste tipo de aplicação, usar uma membrana de ultrafiltração como tratamento da água a ser misturada com o permeado.

c) A manutenção de um residual desinfetante durante o armazenamento e a distribuição é importante para assegurar a qualidade da água para o consumidor. Existem riscos de

contaminação microbiológica da água dessalinizada em função da ausência desse desinfetante residual quando comparado ao tratamento convencional.

d) Ajuste do pH da água produzida para consumo humano quando necessário. Geralmente, a água dessalinizada possui tendência a apresentar um pH ácido devido a remoção de sais que contribuem para alcalinidade do meio. Em alguns casos, é necessário a adição de produtos para elevar o pH, como por exemplo, hidróxido de sódio.

A Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, no seu Capítulo V, artigo 34:

Art. 34. É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Desta forma em atendimento a Portaria MS nº 888/2021, foi introduzido o pós-tratamento da água dessalinizada para consumo humano aos sistemas de dessalinização do Programa Água Doce por meio da dosagem de cloro orgânico no reservatório do permeado (PEREIRA, 2017).

A desinfecção da água pode ser feita por uma grande variedade de produtos, dentre os quais pode-se citar: ozônio; peróxido de hidrogênio; permanganato de potássio; ultravioleta; cloro e seus componentes. Pela sua eficiência e custo, o cloro e seus derivados são os mais usados, além de permitirem a manutenção de uma concentração residual, conforme exige a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021.

O cloro e seu produto de hidrólise, o ácido hipocloroso, têm carga neutra e, por conseguinte, penetram facilmente a superfície de carga negativa de agentes patogênicos sendo capaz de desintegrar os lipídeos que compõem a parede celular reagindo com enzimas e proteínas intracelulares, tornando-os não funcionais. Os microrganismos então morrem ou são impossibilitados de se multiplicar (KLEIJNEN, 2011).

Para realizar a cloração do permeado dos sistemas de dessalinização do PAD, foi escolhido o ácido dicloroisocianúrico ou dicloroisocianurato de sódio, sendo o mais indicado em função da praticidade no manuseio, medição, transporte e armazenamento, da maior solubilidade, do maior período de validade, da dosagem mais precisa, do menor risco químico (corrosividade), da não formação de subprodutos em níveis significativos e da não existência de odores e sabores característicos na água tratada, evitando rejeição pelos usuários (MACEDO, 2002).

Chafariz: Água para Consumo Humano

A qualidade da água dessalinizada para consumo humano deve atender a fatores estéticos, de estabilidade e nutricionais, bem como, estar dentro dos padrões aplicados pela legislação brasileira por meio da Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021 (BRASIL, 2021).

Uma revisão realizada pela Organização Mundial de Saúde aponta diversos estudos que têm sido realizados para investigar quais são os efeitos adversos possíveis e os riscos para saúde devido ao consumo de água com baixo teor de sais, considerando os efeitos sobre a mucosa intestinal, homeostase mineral e metabolismo ou outras funções do corpo. Com relação ao conteúdo mineral desejável para água potável dessalinizada foram observados efeitos adversos, tais como a redução de alguns sais (sódio, potássio, cloreto, cálcio e magnésio) no organismo quando se consome água potável com reduzido total de sólidos dissolvidos (TDS). Estes efeitos adversos que alteram o equilíbrio mineral no corpo foram observados não só na água completamente sem sais (destilada), mas também na água com TDS na faixa de 50 a 75 mg/L (WHO, 2005).

Os organismos nacionais e internacionais responsáveis pela qualidade da água potável não estabelecem limites mínimos de sais para a água dessalinizada, porém existem recomendações de diversos estudos realizados quanto à especificação do conteúdo mínimo dos elementos pertinentes tais como cálcio e magnésio e o TDS. Com base nos dados disponíveis, existem algumas recomendações para os níveis de cálcio, magnésio e TDS na água potável que representam o mínimo e o conteúdo desejável ou ideal dessas substâncias, necessários para atender a considerações técnicas e de saúde que são (WHO, 2005):

- a) TDS mínimo de 100 mg/L na água para consumo humano.
- b) Concentração mínima de cálcio deve ser de 30 mg/L.
- c) Concentração mínima de magnésio deve ser de 10 mg/L.
- d) Concentração mínima de bicarbonato de 30 mg/L como um nível mínimo essencial necessário para atingir características organolépticas aceitáveis e uma concentração de equilíbrio para o nível mínimo recomendado de cálcio.
- e) As concentrações de cálcio e magnésio em termos de dureza mínima para água dessalinizada de 60 mg/L (expressa em íons de cálcio ou equivalente).

Cocho: Água para dessedentação animal

No sistema de dessalinização do Programa Água Doce, o concentrado é armazenado em um reservatório para ser utilizado ou encaminhado aos tanques de contenção. De acordo com

os costumes da comunidade, o concentrado pode ser utilizado em cochos para dessedentação animal ou pela própria comunidade para uso secundário doméstico (BRASIL, 2012).

Quando o propósito de uso do concentrado da dessalinização nas comunidades é aliviar o problema de escassez de água para a dessedentação animal no semiárido brasileiro, a qualidade da água deve ser avaliada e monitorada.

A excessiva salinidade na água fornecida aos ruminantes (bovino, ovino e caprino) pode causar distúrbios fisiológicos e inclusive causar a morte do animal. Os íons mais comuns que causam salinidade na água são sódio, cálcio, magnésio, sulfato, bicarbonato e cloro. Alguns elementos presentes na água também podem exercer efeitos toxicológicos, além da salinidade. Daí a necessidade de que sejam observados seus limites. No caso do magnésio, o limite deste elemento na água para dessedentação animal não deve ultrapassar os valores estabelecidos na Tabela 1 (PALLAS, 1986).

Tabela 1. Níveis máximos de magnésio permitidos na água usada para dessedentação animal

<i>Espécie animal</i>	<i>Limite (mg/L)</i>
Bovino em lactação	250
Bovino em crescimento	400
Caprino e ovino	500

O Anexo I da resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, apresenta uma lista de parâmetros com maior probabilidade de ocorrência e seus respectivos valores máximos permitidos (VPM) para dessedentação de animais.

Em estudo recente, Porto (2016) elaborou a Tabela 2 através de uma ampla revisão bibliográfica, avaliando as informações mais atuais produzidas pelas instituições nacionais e internacionais, incluindo as resoluções 357 e 396 do CONAMA, onde estabelece limites máximos de salinidade para cada uma das principais espécies de ruminantes que fazem parte do rebanho encontrado na maioria das pequenas propriedades rurais do semiárido (PORTO, 2016).

Uso do concentrado

Para além do abastecimento de água para consumo animal, em algumas localidades que atendem critérios técnicos pré-estabelecidos, são implantadas unidades produtivas que utilizam o efluente gerado no processo de dessalinização, chamado de concentrado salino. Com manejo adequado, o concentrado pode ser utilizado para fins de irrigação para produção de reservas forrageiras estratégicas durante o período de seca (PORTO et al, 2019).

Francisco & Dantas Neto (2021)

Pesquisas foram publicadas sobre o uso do concentrado para irrigação de plantas como erva-sal (*Atriplex nummulária*) (PORTO et al., 2006), palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), gliricídia (*Gliricidia sepium*, Jacq.), leucena (*Leucaena leucocephala*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (HERMES et al., 2014). Segundo PORTO et al. (2019), o grande desafio para agricultura bioessalina é fazer com que as tecnologias sejam apropriadas e aplicadas pelos produtores da região do semiárido brasileiro.

Tabela 2. Valores de referência para alguns parâmetros, elementos e compostos químicos na água disponibilizada para ruminantes

Indicador	Unidade	Bovino	Ovino	Caprino
pH	-	6,0 – 8,0	6,0 – 8,0	6,0 – 8,0
Dureza (CaCO ₃) (igual/menor)	mg/L	500	500	500
Sódio (igual/menor)	mg/L/dia	6.700	10.000	10.000
Cloretos (igual/menor)	mg/l	4.000	2.400	5.600
Cálcio (igual/menor)	mg/l	1.000	1.000	1.000
Nitrato (igual/menor)	mg/l	400	400	400
Nitrito (igual/menor)	mg/l	30	30	30
Sulfato (igual/menor)	mg/l	1.000	1.000	1.000

Fonte: Porto (2016).

Importância da gestão compartilhada de sistemas de dessalinização para o uso racional da água

Ainda com o objetivo de pensar o uso racional da água em comunidades rurais atendidas com sistemas de dessalinização, chamamos atenção para um aspecto importante da metodologia de implantação de sistemas de dessalinização do programa Água Doce. Aprendeu-se com a experiência de programas anteriores que instalar ou recuperar os sistemas de dessalinização não é suficiente para garantir a oferta continuada de água de boa qualidade, nem seu uso racional, para as famílias da região semiárida. É preciso, também, investir na organização de mecanismos de gestão que viabilizem o funcionamento dos sistemas de dessalinização a médio e longo prazo (ALBUQUERQUE, 2016).

O PAD desenvolveu uma metodologia de trabalho que visa aproximar, relacionar e integrar os componentes técnicos e sociais que formam seu escopo. O objetivo é promover o diálogo entre conhecimentos e práticas dos diversos componentes para subsidiar o trabalho nas e para as comunidades atendidas.

Um dos componentes do PAD, o de Mobilização Social, tem sua atuação voltada para a construção de mecanismos de gestão que viabilizem o funcionamento dos sistemas de

dessalinização, contribuindo para o desenvolvimento de controle social com foco na autonomia local, nos processos de tomada de decisão. Esses mecanismos dizem respeito aos acordos de gestão compartilhada construídos numa parceria entre comunidade, município e estado. Estas ações objetivam o estabelecimento de bases sólidas de cooperação e participação social na gestão dos sistemas de dessalinização (BRASIL,2012)

Os acordos são mecanismos construídos nas comunidades atendidas pelo PAD e visam contribuir com a gestão dos sistemas de dessalinização, garantindo a participação e a autonomia das comunidades atendidas. Estes acordos devem conter regras, direitos e deveres relacionados a quatro aspectos da oferta de água doce para as famílias beneficiadas:

a) Normas relativas ao funcionamento dos sistemas de dessalinização

O que deve ser decidido:

- Horário de funcionamento do equipamento;
- Responsabilidades do(s) operador(es);
- Quem vai assumir a gestão cotidiana do equipamento (pagamento de contas, recolhimento de pagamento pela água – caso ocorra, entre outras atividades)
– Pode ser associação, cooperativa, grupo de pessoas ou mesmo um indivíduo;
- Horário de distribuição da água (Quem vai controlar a distribuição da água e com que instrumentos (fichas, mapa de distribuição, ou outros)?

b) Direito de acesso (e uso) às águas dessalinizada, do poço e do concentrado

O que deve ser decidido:

- Quais as famílias que poderão pegar água no dessalinizador?
- Qual é a quantidade de água por pessoa/dia - recomendação do programa é de cinco litros/pessoa/ dia – pode haver variação de acordo com a oferta de água e quantidade de pessoas a serem beneficiadas?
- Qual o uso que pode ser dado à água dessalinizada?
- Quem pode ter acesso à água do poço e do concentrado e quais os usos possíveis e prioritários?

c) Como serão cobertos os custos para funcionamento e manutenção dos equipamentos?

O que deve ser decidido:

- O operador receberá algum tipo de gratificação pelo trabalho? Quem arcará com o pagamento desta gratificação?
- Quem pagará a conta de energia elétrica?

- Como será formado um fundo de gestão para pequenos consertos e para troca de filtros?
 - Será cobrada alguma taxa dos usuários para ajudar nos custos? Qual será a forma de cobrança? Como se definirá qual o valor a ser cobrado?
 - Quais serão as responsabilidades do governo municipal?
 - Quais serão as responsabilidades da comunidade?
 - Quais serão as responsabilidades do governo estadual?
- d) Quais serão as instâncias para aperfeiçoamento do acordo de gestão, resolução de conflitos e monitoramento pela própria comunidade do cumprimento do acordo?

O que deve ser decidido:

- Quais serão as instâncias para aperfeiçoamento do acordo de gestão, resolução de conflitos e monitoramento pela própria comunidade do cumprimento do acordo.
- Qual a periodicidade dessa prestação de contas.
- Quais as condições para a promoção de mudanças no acordo de gestão.
- Para que instância serão levados os conflitos relativos ao acesso, uso ou gestão do sistema de dessalinização.
- Como será feito o monitoramento pela comunidade do cumprimento do acordo por parte das famílias e dos responsáveis pela gestão (BRASIL, 2012; ALBUQUERQUE,2016).

Para considerar os acordos como mecanismos que possibilitassem uma gestão eficiente para sistemas de dessalinização, buscou-se ancorar-se em estudos que consideram as dificuldades que muitas comunidades enfrentam para estabelecer a cooperação entre seus membros com vistas a alcançar um benefício comum. Consoante com estes estudos estas dificuldades não seriam, necessariamente, um sinal de ignorância ou irracionalidade. Ao contrário, é justamente porque as pessoas tendem a agir racionalmente, na busca de garantir seus melhores interesses, que sua ação individual pode colocar em xeque os interesses da coletividade. (ALBUQUERQUE,2016).

Mesmo quando cada um dos indivíduos envolvidos numa ação coletiva para conquistar ou garantir um benefício tenha mais a ganhar com a cooperação do que trabalhando contra ela, ainda assim pode considerar que é melhor não arcar com os custos da cooperação (participar de reuniões, dedicar algumas horas ou dias a atividades coletivas, participar na gestão dos sistemas de dessalinização) e, desta forma, pegar carona na dedicação dos outros. Num ambiente em que a participação de todos na cooperação não é garantida, cada indivíduo pode

considerar mais vantajoso romper com o acordo comum e garantir logo a aquisição de algum benefício, ainda que em menor quantidade do que aquele esperado caso a cooperação prosperasse (ALBUQUERQUE, 2016).

Assim, podemos entender que indivíduos racionais, em circunstâncias especiais, podem produzir resultados não racionais quando analisados a partir de perspectiva do grupo como um todo. É esta contradição entre racionalidade individual e racionalidade coletiva que está na base do que muitos cientistas sociais têm chamado de dilemas da ação coletiva ou dilemas sociais. Assim, dilemas sociais ocorrem sempre que indivíduos em situação de interdependência fazem escolhas que maximizam benefícios de curto prazo, levando todo o grupo a uma situação pior, em longo prazo, do que a que estaria se outras alternativas possíveis fossem seguidas (BRASIL, 2012.)

Em suas considerações sobre a ação coletiva, Olson (1999) adverte que existe uma contradição entre racionalidade individual e racionalidade coletiva. Segundo ele, mesmo que os membros de um grupo almejem racionalmente uma maximização do seu bem estar pessoal, eles não agirão para atingir seus objetivos comuns ou grupais, a menos que haja alguma coerção para forçá-los a tanto (OLSON, 1999). Nesses termos, mesmo quando os interesses são comuns, como ter uma água de boa qualidade, não há uma adesão natural à consecução/satisfação dos mesmos. O autor considera ainda que é a satisfação de interesses próprios que vai definir as ações dos indivíduos num grupo. Assim, indivíduos agindo racionalmente para alcançar benefícios próprios podem prejudicar os interesses da coletividade.

Ao desenvolver sua discussão sobre a tragédia dos comuns, Hardin (2002) argumenta que, em situação de uso de recursos limitados, cada um buscará o máximo de ganho individual, tendo como resultado o prejuízo de todos. Segundo esta compreensão, essa forma de explorar os recursos comuns resultaria em sua destruição. Em seus estudos, utiliza uma situação fictícia de utilização de pasto comum para explicar sua ideia. Segundo ele,

La tragedia de los bienes comunes se desarrolla en este sentido. Imaginemos un pastizal al alcance de todos. Es de esperar que cada pastor trate de alimentar la mayor cantidad posible de animales con esa pastura colectiva. Tal acuerdo puede funcionar más o menos bien durante siglos, ya que las guerras, los hurtos de caza en terreno vedado y las enfermedades mantienen el número de bestias y hombres muy por debajo del límite de saturación de la tierra. Sin embargo, a la larga llega el momento del ajuste de cuentas, es decir, cuando la tan ansiada meta de alcanzar una estabilidad social se convierte en una realidad. En este punto, la lógica inherente de los bienes comunes genera, implacable, la tragedia (HARDIN, 2005).

Em sua visão, a única forma de evitar essa tragédia seria através de mecanismos de controle, como a privatização dos recursos comuns, ou que estes fossem definidos como propriedades públicas, controlando seu acesso e uso. Feeny et al. (2001) chama atenção para o fato de que, apesar de Hardin (2005) ter se referido a conceitos globais, como capacidade de carga, suas observações sobre recursos de uso comum são, por muitos, consideradas como definitivas.

Ostrom (1990), em seu trabalho *Governing the Commons*, critica os enfoques de Olson e Hardin ao considerar que, quando confrontados com a análise empírica, esses modelos não levariam em consideração aspectos como a capacidade de comunicação, de elaboração de normas e de controle social dos atores sociais. Pondera que existem alternativas que apresentam soluções à visão fatalista postulada por Hardin. A autora identificou princípios que devem orientar a gestão de bens comuns por parte das comunidades que fazem uso dos mesmos.

1) Clareza por parte do grupo (ou grupos) de usuários envolvidos na iniciativa de manejo sobre os limites ou fronteiras da base de recursos comuns que desejam regular o acesso e uso; (no caso do PAD, conhecer os limites do poço, por exemplo);

2) As regras estabelecidas no sentido de restringir tempo, lugar, tecnologia e ou quantidade de recurso a ser utilizado devem estar relacionadas com as condições locais e com as possibilidades de provisão de trabalho, recurso e financiamento;

3) Envolvimento do maior número possível de indivíduos do grupo de usuários na ação coletiva destinada a modificar as regras de manejo;

4) O monitoramento das condições do recurso comum e do comportamento dos usuários do recurso é feito sob o controle do grupo usuário ou pelo próprio grupo;

5) Os usuários que violam as regras estabelecidas de uso e acesso do recurso comum são passíveis de serem punidos com sanções gradativas, de acordo com a gravidade da ação, pelos demais usuários ou por lideranças ou dirigentes (representantes oficiais), sob controle do grupo de usuários (ou ambos);

6) Os usuários do recurso (e seus representantes oficiais) têm acesso rápido e de baixo custo a instâncias de resolução de conflitos;

7) Os direitos do grupo de usuários em desenvolver e legitimar suas próprias instituições de manejo não são ameaçados por agentes ou autoridades externas;

8) Apropriação, provisão, monitoramento, punição, resolução de conflitos e gestão são atividades organizadas numa forma interconectada. (OSTROM apud CUNHA, 2004).

Nas comunidades atendidas pelo Programa Água Doce é possível observar alguns desses princípios elencados por Ostrom (1990). Para que os acordos de gestão compartilhada cumpram sua finalidade, é necessário que suas regras sejam adequadas às condições locais; que haja uma ampla participação dos beneficiários do sistema nas definições destas regras; que as autoridades externas (governo municipal, governo estadual, governo federal) reconheçam as regras; que haja um monitoramento do seu cumprimento e sanções para quem transgredi-las; e que haja um fácil acesso às resoluções dos conflitos.

À luz dos estudos de Ostrom (1990), a experiência do Programa Água Doce, no que se refere à gestão dos sistemas de dessalinização, vem demonstrando que, em situações nas quais o uso de recursos comuns ocorre numa escala pequena, há uma maior possibilidade de comunicação e reciprocidade, possibilitando à organização receber benefícios, facilitando sua gestão.

Diante da grave estiagem que assola a região semiárida, algumas sedes municipais são atendidas por sistemas de dessalinização. Observa-se que a resistência dos usuários ao cumprimento das regras contidas nos acordos de gestão é maior do que nas localidades menores. Uma das regras que apresenta maior resistência ao seu cumprimento é a que se refere ao fundo de gestão, que consiste na definição de um valor que é definido em reuniões com as comunidades para ser utilizado com parte da manutenção dos sistemas instalados tais como: pequenos reparos, compras de produtos para limpeza e conservação dos abrigos e insumos que são utilizados na operação dos sistemas.

Não é só porque as pessoas têm interesses comuns que elas vão se envolver numa ação coletiva para conquistar ou manter algum benefício coletivo. Para que a ação coletiva tenha sucesso, é preciso antes superar os dilemas sociais, ou seja, as contradições entre os interesses individuais de curto prazo e os interesses coletivos. A superação desses dilemas sociais depende normalmente da adoção de acordos de gestão (que contém regras que regulam os comportamentos de todos os envolvidos), de resolução de conflitos e de monitoramento do cumprimento dos acordos.

Esses acordos são determinantes para a vida comunitária não apenas porque limitam o que as pessoas podem fazer, mas, também, porque motivam certos tipos de ações. Num mundo de incertezas, proporcionam uma base para a tomada de decisões com razoável segurança, já que a existência de regras informa sobre o comportamento dos outros indivíduos. Por outro lado, não se pode esquecer que as escolhas individuais são fortemente influenciadas pelo sistema de valores a partir dos quais os indivíduos avaliam suas próprias decisões.

A experiência do Programa Água Doce instalando sistemas de dessalinização com essa metodologia que agrega a participação das comunidades na gestão dos sistemas tem demonstrado que as soluções alternativas coletivas de abastecimento podem, quando observados estes e os demais cuidados já mencionados ao longo deste trabalho, contribuir com o uso racional da água que é um recurso escasso em comunidades rurais da região semiárida brasileira.

Considerações finais

Considerando as dimensões associadas ao tema água dessalinizada, o monitoramento da qualidade da água e a gestão compartilhada praticada nos sistemas de dessalinização permitiu aprofundar e oferecer estratégias para o uso racional e eficiente da água, estabelecendo critérios adequados para as condições semiáridas brasileiras.

O conhecimento adequado e a utilização de alternativas que otimizem os usos múltiplos contribuíram para aumentar a disponibilidade da água reduzindo problemas decorrentes de equipamentos operados sem gestão e sem monitoramento, apresentando maiores chances de alcance de otimização da quantidade e qualidade da água ofertada.

O uso racional da água na gestão do sistema de dessalinização fundamentado no monitoramento da qualidade da água para a correta operação do equipamento e para adoção de novas atitudes e comportamentos estimulou a população a pensar sobre o tema e agir visando suprir as necessidades locais de usos múltiplos da água respeitando a capacidade dos recursos hídricos disponíveis.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, E. F. Proposta de documento referente às diretrizes e ações do componente Mobilização Social do Programa Água Doce. IICA Representação Brasil, Brasília, 2016. Disponível em: <http://opackoha.iica.int/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=37859>. Acesso em: 1 de julho de 2021.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Programa Água Doce: diagnósticos técnicos, sociais e ambientais. 2021. Disponível em: <http://aguadoce.mdr.gov.br>. Acesso em: 5 de junho de 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Documento Base do Programa Água Doce. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-agua-doce/programa-agua-doce-1>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Programa Água Doce. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-agua-doce/programa-agua-doce-1>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. *Revista USP*, n.106, p.45-58, 2015.

CUNHA, L. H. Da tragédia dos comuns à ecologia política: perspectivas analíticas para o manejo comunitário dos recursos naturais. *Raízes*, v.23, n.1/2, p.10-26, 2004.

DERISIO, J. C. Introdução ao controle da poluição ambiental. 4ª ed. São Paulo. 2012. 224p.

FEENY, D. et al. A tragédia dos comuns: vinte e dois anos depois. In: DIEGUES, A. C.; MOREIRA, A. de C. C. (Org). *Espaços e recursos naturais de uso comum*. São Paulo: Napaub USP, 2001, p.17-42.

FERREIRA, W. B. Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano em comunidades difusas: monitoramento e controle de qualidade da água. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2008.

GHAFOUR, E. E. A. Enhancing RO system performance utilizing antiscalants. *Desalination*, v.153, p.149-153, 2002.

HARDIN, G. La tragedia de los comunes. *POLIS, Revista Latinoamericana*, v.4, n.10, 2005.

HERMES, L. C.; ARAÚJO, G. L. G.; FAY, E. F.; BOEIRA, R. C. Potencial de uso das águas salobras em sistemas produtivos visando o aumento da capacidade de suporte das comunidades difusas do Semiárido com mínimo impacto ambiental. In: Fórum de Apresentação de Resultados de Pesquisa, 2014, Jaguariúna. *Anais...Jaguariúna*, 2014.

HIGGINS, S. S. O estudo dos efeitos não intencionais da ação intencional na teoria sociológica. *Sociologias*, v.13, n.28, 2011.

KLEIJNEN, R. G. The Chlorine Dilemma. Eindhoven University of Technology. 2011. p.3-49. Disponível em: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TUE%202011%20The%20Chlorine%20Dilemma.pdf. Acesso em 1 de junho de 2021.

MACÊDO, J. A. B. de; BARRA, M. M. Derivados clorados de origem orgânica: uma solução para o processo de desinfecção de água potável e para desinfecção de indústrias. In: Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6, 2002, Vitória. Anais...Vitória, 2002.

NING, R. Y. Reverse Osmosis Chemistry - Basics, Barriers and Breakthroughs, Desalination Updates, 2015. 233p.

OLSON, M. A lógica da ação coletiva: os benefícios públicos e uma teoria dos grupos sociais. (Trad) FERNANDEZ, F. São Paulo: Edusp, 1999. 208p.

OSTROM, E. Governing the commons: the evolution of institutions for collective action. Cambridge: Cambridge University, 1990.

PALLAS, P. Water for animals. AGL/MISC/4/85. Land and Water Development Division. Food and Agriculture Organization of The United Nations. FAO. Rome, 1986. Disponível em: <http://www.fao.org/3/R7488E/R7488E00.htm>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

PEREIRA, M. L. F. Proposta de manual sobre o processo de cloração, como pós-tratamento para a água resultante do processo de dessalinização por osmose inversa e cartilha sobre os parâmetros de qualidade da água para consumo humano e parâmetros de dimensionamento de equipamentos de dessalinização. Documentos Técnicos. IICA Representação Brasil, Brasília, 2017. Disponível em: <http://opackoha.iica.int/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38335>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

PORTO, E. R. Relatório técnico contendo proposta de documento com informações e análise técnica sobre o uso de águas salobras e salinas para dessedentação de bovinos, ovinos e caprinos, de acordo com o nível de salinidade e qualidade dos sais. IICA, 2016. Disponível em: <http://opackoha.iica.int/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38021>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; DUTRA, M. T.; PAULINO, R. L.; BRITO, L. T. de L.; MATOS, A. N. B. Rendimento da *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápia em rejeito da dessalinização de água. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.97-103, 2006.

PORTO, E. R.; HERMES, L. C.; FERREIRA, R. S.; VEIGA, H. P.; SAIA, A. Agricultura bioassalada: desafios e alternativas para o uso de águas salobras e salinas no semiárido brasileiro. Documentos 121. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 2019. 38p.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso. 1ª ed. São Paulo: ABES, 2001. 234p.

SNIS. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Portal Eletrônico. Brasília: 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel->

informacoessaneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento. Acesso em: 27 de maio de 2021.

SOUSA, S. E. H. Normalização de sistemas de dessalinização via osmose inversa. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2003.

UN. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015, New York. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

WHO. Guidelines on health aspects of water desalination. ETS/80.4. Geneva: World Health Organization, 1980. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/desalination.pdf. Acesso em: 30 de junho de 2021.

WHO. Nutrients in Drink Water. Geneva: World Health Organization, 2005. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/nutrientsindw.pdf. Acesso em: 30 de junho de 2021.

WWC. Global Water Security. Lessons Learnt and Long-Term Implications. Water Resources Development and Management. World Water Council Editor, Marseille, France, 2018. 279p.



Capítulo VI

Água saneamento e saúde: prevalência de algumas doenças de veiculação hídrica no Brasil

Dânio Marne Silva de Araújo

Sérgio Murilo Santos Araujo

Concepções históricas da saúde

O conceito de saúde é uma elaboração complexa que não se restringe apenas na premissa de uma ausência de doença, mas de uma concepção holística que envolve os fatores condicionantes e influenciadores da vida do indivíduo como os aspectos psicossomáticos, arranjos sociais, hábitos de vida, alimentares, relações de trabalho, produção de bens e riquezas, distribuição de renda e a relação com a natureza (MELO, 2019).

A ciência médica do período histórico conhecido como Pré-Cartesiano apresentou, através de Hipócrates, teorias e hipóteses acerca da correlação direta entre os elementos da natureza e sua influência no equilíbrio da saúde humana. Partindo do rompimento com as práticas da medicina vigente a qual se baseava nos estudos da cosmologia e filosofia, ele dedicou seus estudos à observação direta dos sinais e sintomas dos doentes e estabelecer os vínculos com os aspectos ambientais do indivíduo acometido. Hipócrates estabelece um nexo casuístico entre as condições de saúde e a alimentação, atentando para as práticas de regimes dietéticos para cada doença refletindo sobre os tipos de preparos culinários e a qualidade da água (GUSMAO, 2003).

A revolução industrial trouxe consigo implicações diretas na saúde advindos dos desequilíbrios ecológicos que geraram grandes epidemias decorrentes das mudanças sociais e das alterações do sistema de produção. O processo migratório culminou em grandes aglomerações nas cidades, que se desenvolviam em meio a condições insalubres de trabalho e moradia corroborando na proliferação de microrganismos causadores de doenças. O enfoque patogênico da doença, avançou pesquisas na identificação dos agentes e suas implicações no desencadeamento das doenças. Neste cenário, o modelo de atenção biomédico (hipocrático) ganhou força e notoriedade nas ações de saúde (MELO, 2019).

A segunda revolução da saúde se caracterizou no âmbito comportamental, ou seja, os hábitos de vida e comportamentos do homem se constituíram como as principais causas de adoecimento percebida nos países considerados economicamente desenvolvidos. O consumo de bebidas alcoólicas, fumo, drogas e a necessidade da prática de exercícios físicos passaram a ser indicadores essenciais e diretos para o acometimento das doenças cardiovasculares e câncer (RIBEIRO, 2011).

A preocupação em estabelecer nexos causais da proliferação de doenças que acometem homens e animais faz parte de um escopo estratégico de manutenção da vida que culmina na produção de inúmeras pesquisas envolvendo profissionais e pesquisadores de várias outras ciências como Geografia, Engenharia, Economia e Gestão, tendo na água um de seus mais importantes objetos de estudo (OLIVEIRA, 2017).

História da saúde no Brasil

A saúde brasileira nos moldes atuais revela questões históricas que perpassam por constantes mudanças ao longo de sua evolução conceitual desde o seu descobrimento. Influenciada pelo momento histórico de cada época, a saúde pública do Brasil, primeiramente seguiu os ditames dos modelos europeus de assistência, sendo fortalecida através das campanhas sanitárias engendradas durante as grandes epidemias advindas do processo de colonização (SANTOS et al., 2020).

As primeiras barreiras sanitárias foram instaladas no Brasil após a chegada da família real, pouco mais de 300 anos após o descobrimento, no rompante real de desenvolver e transformar a colônia. Sendo assim, no Rio de Janeiro, foram concentradas as principais mudanças administrativas da colônia com a criação das escolas de medicina e ações sanitárias de saúde através da criação da Inspetoria de Saúde dos Portos (BERTOLLI, 2000).

O modo de produção industrial capitalista, desenvolvido no início do século XX, renovou os conceitos civilizatórios para arregimentar operários para as recentes indústrias instaladas, e o interesse na saúde perpassava pela concepção de que os trabalhadores se constituíam em capital humano, e que a preservação da força de trabalho era a mola propulsora na geração de bens e riquezas (BERTOLLI, 2000).

O pensamento tecnicista e a cientificidade do período industrial foram os principais responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico, e sua influência na saúde foi determinante no surgimento de novos campos de conhecimento, a exemplo da microbiologia e epidemiologia, com estudos que priorizavam descobrir os mecanismos do processo saúde-doença e a veiculação dos agentes patogênicos entre a comunidade. Este período foi marcado pela criação dos institutos de pesquisas no Brasil: Instituto Oswaldo Cruz e o Instituto Butantan (BUSS & GADELHA, 2002).

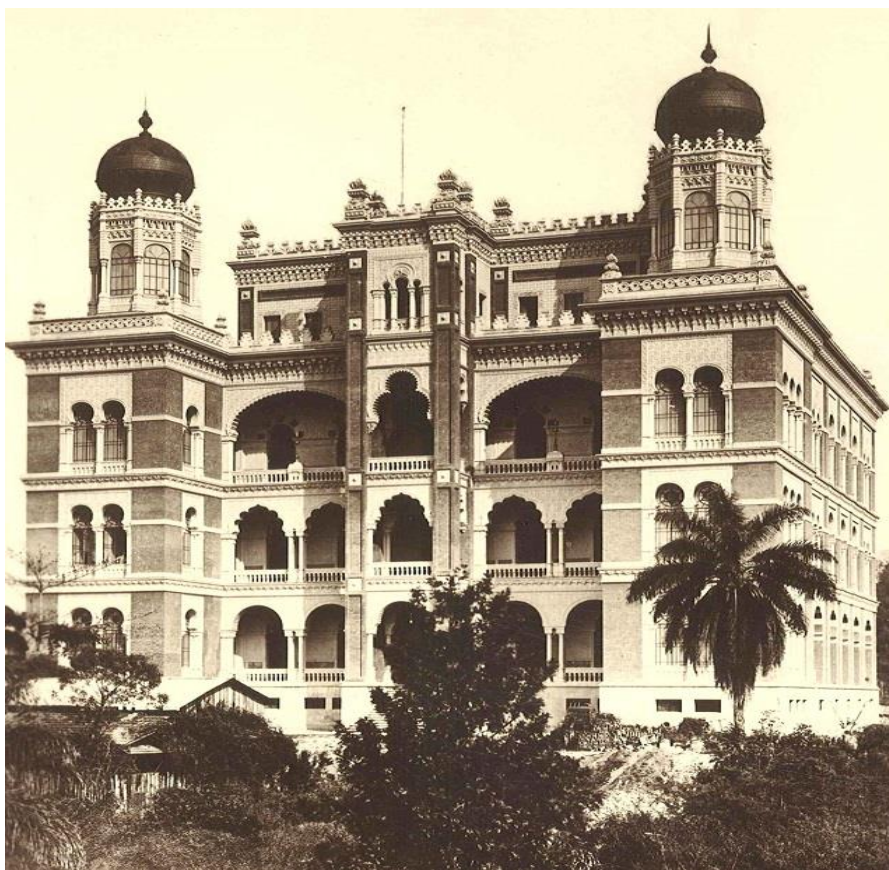


Figura 1. Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro-RJ.

Fonte: Visita dos Reis Belgas (2021).

O modelo de saúde praticado no Brasil, desde os idos da Constituinte até os momentos atuais, revelam um cabedal de ações e programas de governo que ofertam serviços nos vários níveis de assistência, regidos pelos princípios doutrinários norteadores de Universalidade, Integralidade e Equidade (BRASIL, 1988).

Ações antrópicas e suas implicações na saúde

O desenvolvimento humano e o crescimento populacional foram ancorados na extração e usufruto dos recursos e elementos naturais, a despeito das noções de preservação e controle, com o pretexto de garantir abrigo seguro, permanência e subsistência no local de moradia. As adaptações do ambiente às suas necessidades individuais e coletivas, modificou paisagens e gerou poluição. A concepção da infinitude dos recursos e a necessidade desenvolvimento estimularam uma exploração predatória com degradação ambiental e escassez dos recursos (MELO & CHAVES, 2011; NASCIMENTO, 2012).

As principais fontes geradoras de poluições se encontram nos centros urbanos. O acelerado desenvolvimento das várias formas de produção industrial, aliado com o crescimento demográfico desordenado nas grandes cidades concorreu para o aumento do lançamento de

Francisco & Dantas Neto (2021)

efluentes não tratados nos corpos hídricos resultando na sua contaminação e proliferação de doenças (MELO & CHAVES, 2011)

Importância da qualidade da água

É necessário ações que promovam a garantia do acesso à água de qualidade a todos os povos, porém constitui-se num dos principais desafios para os responsáveis pela gestão das águas. As ações antrópicas têm desviado cursos de rios, secado nascentes e poluído mananciais, e com isso tem restringido o acesso à água tornando os processos de captação mais onerosos. Manter a qualidade da água nos sistemas de captação, distribuição e tratamento, além dos sistemas naturais são ações imprescindíveis para a qualidade de vida populacional mantida por esses recursos (OLIVEIRA et al., 2017; MELO, 2019; SILVA FILHO, 2013).

A água se configura como um recurso natural indispensável à sobrevivência de boa parte das formas de vida na Terra, participando na formação e composição de alguns seres, como também atuando como elemento primordial nas reações orgânicas vitais de geração e transformação de energia. À medida que a água promove desenvolvimento, pode também trabalhar como vetor de veiculação contaminante através da disseminação e/ou proliferação dos agentes tóxicos ou patógenos que dela se utilizam, gerando poluição, desequilíbrios ambientais e doenças (AMBROSIO & PEREIRA, 2019)

Os critérios de potabilidade da água são descritos pela Portaria Ministerial 2914/2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, definindo que a água potável é aquela destinada ao consumo humano na sua ingestão, preparação e produção de alimentos, higiene pessoal e recreação não oferecendo riscos à saúde. Ou seja, se a água é um elemento vital que promove saúde, implica dizer que a falta de acesso à água de qualidade, bem como a inexistência ou inoperância dos sistemas de tratamentos de água, esgotos e efluentes culminará em aparecimento e propagação de doenças (BRASIL, 2011; NASCIMENTO, 2012; NASCIMENTO & ARAUJO, 2012).

As ações de saneamento concorrem para a proteção do meio ambiente em geral e, mais especificamente, dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, além de promover a preservação da água e o combate ao desperdício. O saneamento pode ser entendido como o conjunto de ações e medidas cujo intuito é prevenir doenças e promover a saúde. A Organização Mundial da Saúde (OMS), define como o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental ou social (AMBROSIO & PEREIRA, 2019).

Para que água seja um recurso apto ao consumo humano, é necessário respeitar as características físico-químico-biológicas que atendam às suas necessidades corporais ofertada em quantidade suficiente. Porém, a perspectiva futura reserva uma realidade preocupante de escassez caso não sejam adotadas medidas que reduzam a poluição dos corpos hídricos e os desperdícios na distribuição e no consumo (NASCIMENTO, 2011; SILVA FILHO, 2013).

Doenças de veiculação hídrica

Conforme a Organização Panamericana de Saúde (OPAS), as doenças relacionadas com a água podem ser classificadas em quatro grupos de acordo com a relação que os agentes etiológicos patogênicos possuem direta ou indiretamente com a água nas suas cadeias de reprodução, transmissão ou inoculação; sendo as transmitidas pela água, associadas com a falta de higiene, contato com a água e as transmitidas por vetores de habitat aquático (MELO & CHAVES, 2011; GUEDES, 2017).

Dentre os principais agentes etiológicos causadores de doenças estão os vírus, bactérias e parasitos (MELO, 2019).

Doenças diarreicas agudas

Diarreia aguda é um sintoma que se caracteriza pelo aumento na quantidade de fezes, de caráter amolecido ou liquefeito associado, na maioria dos casos, com o aumento no número de evacuações com duração menor que 14 dias. Há presença de um distúrbio hidroeletrólítico no trato gastrointestinal culminando em uma má formação de fezes a aumento do peristaltismo intestinal. Geralmente ocasionada pela ingestão de água ou alimentos contaminados. As doenças diarreicas são responsáveis por causar episódios de surtos e de representar aumento consideráveis nas taxas de mortalidade infantil (MORAES & CASTRO, 2014; NASCIMENTO et al., 2012).

Hepatites virais

As hepatites virais são doenças por vírus que possuem afinidade de replicação primário no fígado. Os vírus mais comuns são os vírus A, B, C, D; porém aqueles cuja transmissão se dá por ingesta de alimentos contaminados e falta de higiene são os vírus A e D. A Tabela 1 representa o comparativo entre as hepatites no período entre 1999-2019 (BRASIL, 2019).

Tabela 1. Casos de hepatites virais por tipo e ano de notificação, 1999-2019, no Brasil

Casos de Hepatites Virais	Total	A	B	C	D
Total de casos	673.389	168.036	247.890	253.307	4.156
		24%	36%	37%	0,6%

Fonte: BRASIL (2021).

A Tabela 1 informa o quantitativo de casos de hepatites total no período e distribuído por tipo de hepatite. A Hepatite C possui maior prevalência com 253.307 casos diagnosticados no período. A menor prevalência é hepatite D, mais rara, com 4.156 casos diagnosticados no Brasil.

Na Figura 1 observa-se o gráfico de evolução dos óbitos por hepatites virais de 2008 a 2018. Verifica-se um quantitativo uniforme de óbitos por hepatite B e C, respectivamente nas cores rosa (entre 500 e 1000 mortes anuais) e em verde (próximo a 2000 mortes anuais). As demais hepatites não somam óbitos. As hepatites B e C possuem transmissão sexual/sanguínea como principal via.

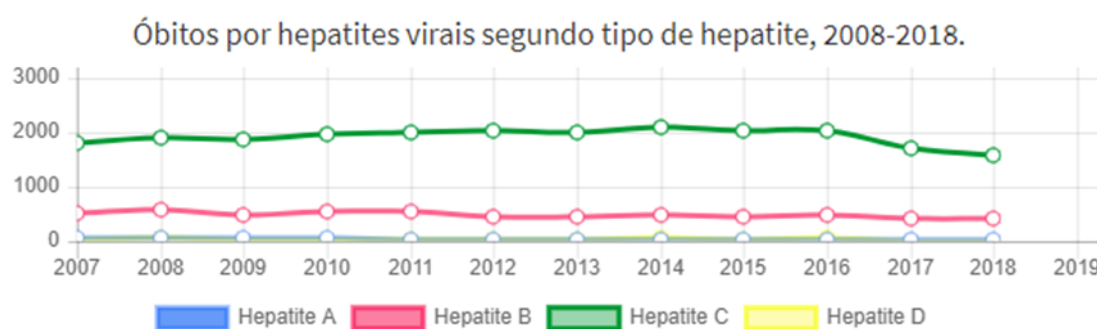


Figura 1. Óbitos por Hepatites Virais por tipo, Brasil. Fonte: BRASIL (2021).

Esquistossomose

A esquistossomose mansônica é uma doença causada por um parasita trematódeo denominado *Schistosoma mansoni*, cujas formas intermediárias se desenvolvem em caramujos aquáticos do gênero *Biomphalaria*. A doença costuma ser diagnosticada nas fases mais tardias quando aparecem os sintomas (BRASIL, 2019).

Dengue

A dengue se caracteriza por ser uma doença viral febril aguda com sintomas que podem regredir ou culminar em uma manifestação hemorrágica grave. É uma doença com transmissão

hídrica indireta, pois sua transmissão ocorre através de um inseto denominado *Aedes Aegypt* cuja fase larval ocorre em água parada (BRASIL, 2019).

Na Figura 2 têm-se a representação dos casos de internações por dengue no Brasil. Pode-se constatar decréscimos em anos consecutivos, porém com números ainda expressivos de ainda quase 25.000 notificações em 2017.

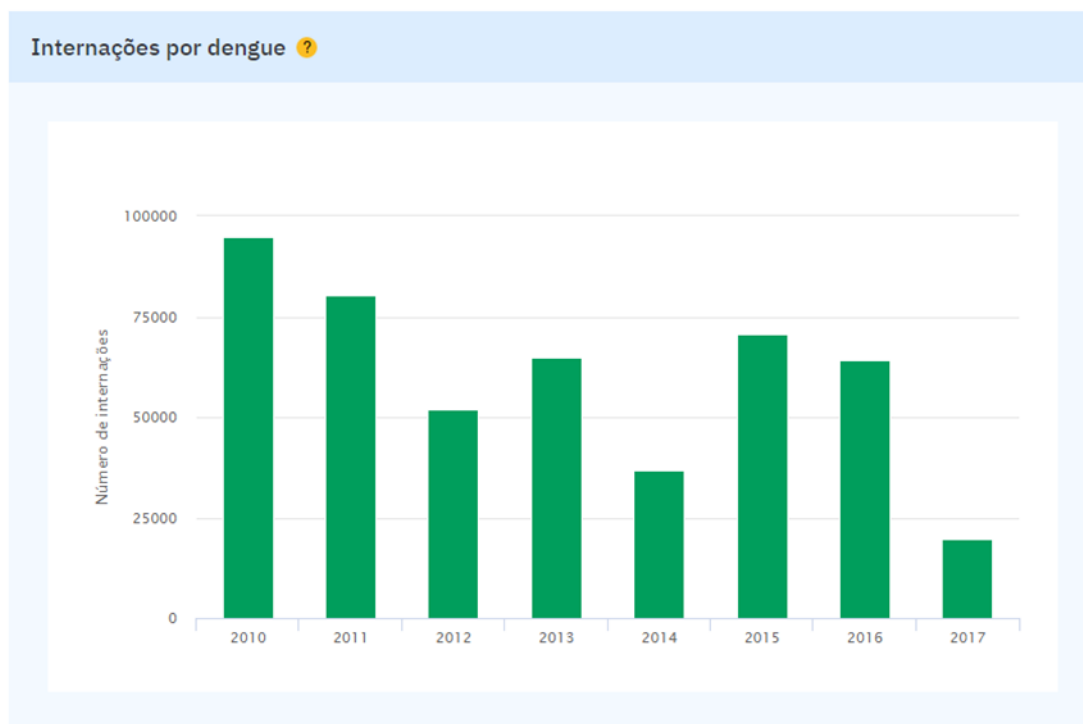


Figura 2. Internações por dengue (2010-2017). Fonte: Instituto Trata Brasil (2021).

Leptospirose

A leptospirose se caracteriza por ser uma doença bacteriana, infecciosa, febril aguda com transmissão hídrica indireta através da exposição cutânea direta ou indireta à urina de animais (roedores, principalmente) infectados pela bactéria *Leptospira*. As formas graves da infecção culminam com insuficiência hepática ou renal podendo levar a óbito (BRASIL, 2019).

Tabela 2. Casos de leptospirose confirmados na paraíba no período 2015 a 2019

Ano	Quantidade
2015	11
2016	8
2017	11
2018	18
2019	21

Fonte: BRASIL (2021).

Os dados da Tabela 2 demonstram um aumento discreto nos casos confirmados de leptospirose na Paraíba. As pessoas que contraem a leptospirose vão desenvolver quadros clínicos que necessitarão de acompanhamento hospitalar, o que onera os serviços de saúde. Esta doença está diretamente relacionada com as questões de saneamento ambiental e acesso a água.

Impactos na saúde e na economia

Dados extraídos Panorama das Águas do Instituto Trata Brasil (2019), quase 35 milhões de brasileiros vivem sem acesso ao atendimento de água e 47,6% da população não têm acesso à coleta de esgoto, apenas 45% de todo o volume de esgoto é tratado.

Silva Filho (2013), enuncia que as doenças de veiculação hídrica promovem impactos na economia local e na saúde da população. Conforme dados extraídos de estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil (2019), em 2010, as doenças que possuíam relação com condições precárias de saneamento foi de 31,83 para cada 10 mil habitantes. Esse índice reduziu timidamente com anos posteriores, mas ainda não representa uma melhora significativa. Em 2017, houve 12,46 internações.

Ainda conforme o Instituto (2018), se 100% da população tivesse acesso à coleta de esgoto haveria uma redução, em termos absolutos, de 74,6 mil internações.

BRASIL (2016), enumera que, para cada 1 dólar investido em obras estruturantes de saneamento, outros 5 dólares são economizados em gastos com saúde.

Devido à precarização do saneamento básico no Brasil, resultado em baixo nível de cobertura e da qualidade do serviço associado aos baixos investimentos no setor resultam em mais casos de internações por doenças de veiculação hídrica e por consequência cada vez mais gastos na saúde. Os governos gastaram um montante aproximado de R\$ 210 milhões com internações por doenças associadas à falta de saneamento da população. Apesar de haver uma diminuição nestas despesas da ordem de R\$ 100 milhões nos últimos anos, os gastos ainda são altos.

Conclusão

A água é um recurso finito e cada vez mais escasso. As medidas adotadas para ocorrer um bom aproveitamento deste recurso exercerão um impacto positivo direto na saúde da população assistida e uma redução significativa dos gastos governamentais com internamentos hospitalares, ao passo que melhorará a expectativa de vida população e diminuirá os índices de morbi-mortalidade infantil.

Referências Bibliográficas

AMBROSIO, D. S.; PEREIRA, M. P. B. Doenças de veiculação hídrica: estudo de caso em Ingá- PB. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciência, 2019, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net). Disponível em: <http://indicadoreshepatites.aids.gov.br>. Acesso em: 30/06/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan Net). Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinanet/cnv/leptopb.def>. Acesso em: 30/06/2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica. Brasília: Ministério da Saúde: Secretaria de Vigilância Epidemiológica, 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Panorama do saneamento básico no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2016.

BUSS, P. M.; GADELHA, P. Fundação Oswaldo Cruz: experiência centenária em biologia e saúde pública. Revista São Paulo mm perspectiva. v.16, n.4, p. 73-83, 2002.

GUEDES, A. F. et al. Tratamento da água na prevenção de doenças de veiculação hídrica. Journal of Medicine and Health Promotion, v.2, n.1, p.452-461, 2017.

ITB. Instituto Trata Brasil. A diarreia como problema da falta de saneamento básico. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/08/29/diarreia-problema-da-falta-de-saneamento/>. Acesso em: 17/05/2021.

ITB. Instituto Trata Brasil. Conheça as principais doenças que o saneamento básico previne. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/08/07/doencas-saneamento-basico-previne/>. Acesso em: 17/05/2021.

ITB. Instituto Trata Brasil. Internações de doenças por veiculação hídrica no Brasil. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/05/21/internacoes-de-doencas-por-veiculacao-hidrica-no-brasil/>. Acesso em: 17/05/2021.

MELO, M. C. A., CHAVES, M. R. Políticas públicas de educação ambiental para a prevenção da transmissão de doenças de veiculação hídrica. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 19, 2011, Maceió. Anais...Maceió, 2011.

MORAES, A. C.; CASTRO, F. M. M. Diarreia aguda. *Jornal Brasileiro de Medicina*, v.102, n.2, 2014.

NASCIMENTO, V. S. F. Doenças de veiculação hídrica em trechos da bacia do rio Piranhas-Assu: ocorrência de bactérias oportunistas, caracterização epidemiológica e concepções de professores e agentes de saúde. Dissertação (Mestrado). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Centro de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.

OLIVEIRA, J. D. de. et. al. A água e suas correlações com doenças na cidade de Campina Grande-PB. *Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v.13, n.24, p.92-109, 2017.

SILVA FILHO, A. C. et al. Doenças de veiculação hídrica: dados Epidemiológicos, condições de abastecimento e Armazenamento da água em Massaranduba/PB. *Rev. Geoambiente*, n.20, p.01-14, 2013.

Visita dos Reis Belgas. Patrimônio Belga no Brasil. Disponível em: <http://www.belgianclub.com.br/nl/visita-reis-belgas-1920/copacabana-derby-club-instituto-oswaldo%C2%A0cruz-museu-nacional-lega%C3%A7%C3%A3o-da>. Acesso em: 08/06/2021.



Capítulo VII

*Irrigação atual e potencial
de expansão em região
semiárida-Paraíba-Brasil*

Paulo Roberto Megna Francisco

Djail Santos

Viviane Farias Silva

George do Nascimento Ribeiro

José Dantas Neto

Introdução

Globalmente, a produtividade obtida com a prática da agricultura irrigada é 2,7 vezes maior do que a obtida pela agricultura tradicional de sequeiro, que é dependente das irregularidades próprias das águas das chuvas. A estimativa de potencial para acréscimo na área mundial dominada por sistemas de irrigação, que atualmente é de 304 milhões de hectares, e de cerca de 180 milhões de hectares se considerar a possibilidade de incorporação das áreas potenciais brasileiras para desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada, que representam um adicional, à atual área irrigada, de cerca de 25 milhões de hectares (CHRISTOFIDIS, 2013).

A seca é hoje a que causa maior impacto, e as deficiências hídricas associadas aos períodos de longa estiagem constituem uma das principais causas das quebras de safras (MAPA, 2008). Em regiões afetadas pela escassez contínua de água, como no Semiárido brasileiro, a irrigação é fundamental, ou seja, uma parte importante da agricultura só se viabiliza mediante a aplicação artificial de água (ANA, 2021).

A produção agrícola no semiárido do Nordeste brasileiro, principalmente no estado da Paraíba é fortemente dependente da precipitação pluviométrica, e, por conseguinte, as suas variações provocam graves prejuízos na agricultura do Estado (MENEZES et al., 2010).

A Paraíba tem, como características climáticas marcantes, as irregularidades, tanto espacial quanto temporal, do seu regime de chuvas. Essas condições climáticas interferem diretamente na produção de alimentos, fazendo com que haja a necessidade de se aumentar a produção e produtividade das culturas, mas para que haja esse aumento é indispensável que sejam aplicadas tecnologias já adaptadas para cada região, bem como, pesquisar novas tecnologias (MENEZES et al., 2010; GUEDES FILHO et al., 2010).

Conforme Amaral (2005), o uso da irrigação viabiliza a produção agrícola especialmente em áreas áridas e semiáridas, como no caso do Nordeste brasileiro, onde a escassez hídrica representa uma séria limitação para o desenvolvimento socioeconômico, que se traduz em baixos níveis de renda e padrões insatisfatórios de nutrição, saúde e saneamento de parcela representativa da sua população.

A irrigação corresponde à prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as plantas. Embora possa apresentar excelentes resultados de forma isolada, essa prática é geralmente implementada em meio a outras melhorias no pacote tecnológico do produtor rural, ou seja, tende a ser acompanhada ou antecedida por aperfeiçoamentos em outros insumos, serviços, máquinas e implementos – melhorias que em conjunto resultam em diversos benefícios (ANA, 2021).

A adoção e a aplicação de metodologias atualizadas de classificação de terras para a irrigação podem permitir o planejamento do uso da terra com vistas ao desenvolvimento sustentável. Essas ações poderiam minimizar a degradação das terras e/ou da baixa taxa de retorno econômico, que afetam em muitos casos o pleno sucesso dos projetos irrigados (AMARAL, 2005). Para Sousa et al. (2013), a classificação de terras para irrigação é feita com base nas potencialidades e limitações dos solos. Essas

informações são necessárias para a delimitação das terras de classes aptas, eliminando as áreas inaptas nas condições econômicas prevalecentes.

De acordo com PARAÍBA (1980) o dimensionamento dos recursos naturais é fundamental para qualquer projeto de desenvolvimento e no caso para atividade hidroagrícola a importância é ainda maior principalmente sobre o aspecto qualitativo.

Portanto, este trabalho propõe mapear terras irrigáveis e avaliar áreas com potencial de expansão para o Estado da Paraíba.

Material e Métodos

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W. Ao norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

O relevo apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal (Figura 1) caracterizam-se por formações florestais definidas, como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006).

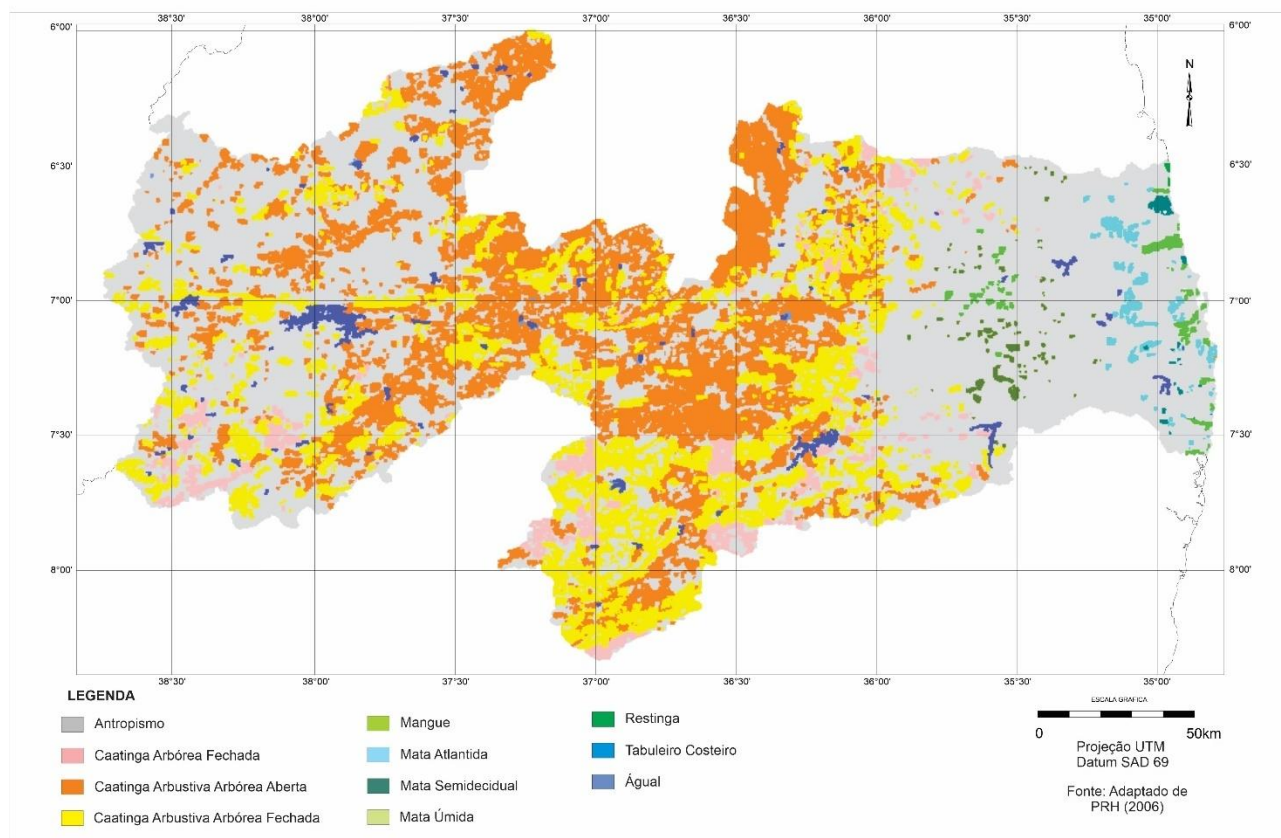


Figura 1. Uso atual e cobertura vegetal do Estado da Paraíba. Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984). De acordo com Francisco et al. (2015a) os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho, julho e agosto, enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro no estado como um todo, sendo esses os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região.

De acordo com Francisco et al. (2015b) a distribuição da precipitação pluviométrica (Figura 2) ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado com menores valores em torno de 300 a 500mm; no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm; no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm; e no Litoral em média de 1.200 a 1.600mm.

O Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste, Brejo e Litoral (FRANCISCO & SANTOS, 2017), onde é caracterizado pelas irregularidades espaciais e temporais (NOBRE, 1996).

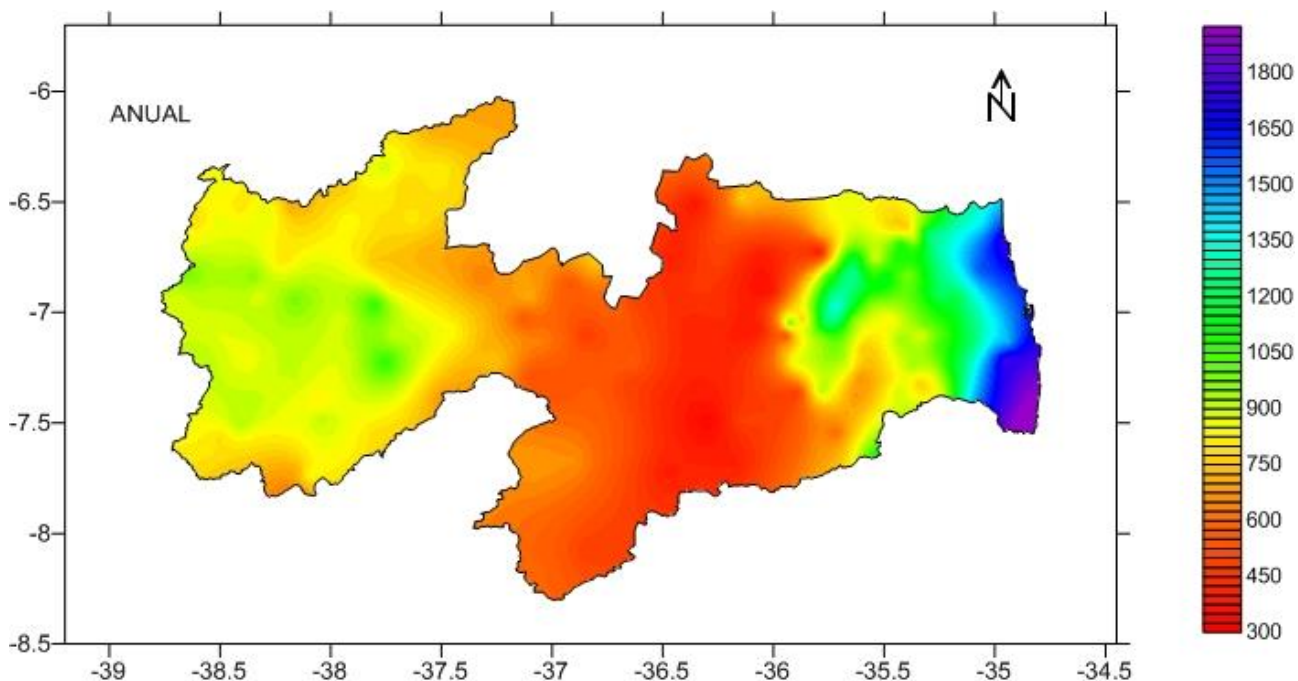


Figura 2. Pluviosidade anual média (mm). Fonte: Francisco e Santos (2017).

Conforme Francisco et al. (2015c), o Estado da Paraíba apresenta, de acordo com a classificação climática de Köppen, quatro tipos diferentes de clima. O clima Aw, que caracteriza a região do Litoral norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima Am no Litoral norte e Sul do Estado, o tipo climático As domina em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão. O tipo climático Bsh é predominante na área do Cariri/Curimataú, e boa parte da área do Sertão (Figura 3).

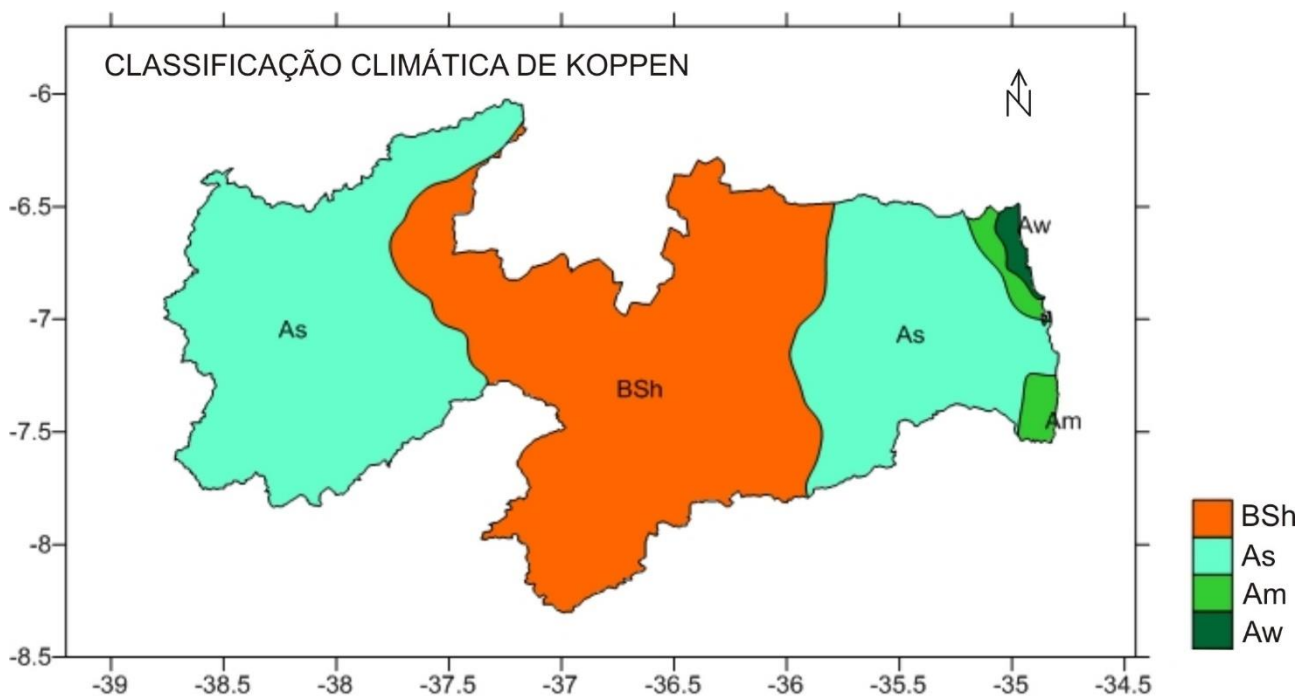


Figura 3. Classificação climática de Köppen. Fonte: Francisco et al. (2015c).

As classes predominantes de solos área de estudo (Figura 4) estão descritas no Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), e estas diferem pela diversidade geológica, pedológica e geomorfológica; atendendo também a uma diversidade de características de solo, relacionadas à morfologia, cor, textura, estrutura, declividade e pedregosidade e outras características. De uma forma geral os solos predominantes são os Luvisolos crômicos, Neossolos Litólicos, Planossolos Solódicos, Neossolos Regolíticos Distróficos e Eutróficos distribuídos pela região do sertão e nos cariris, os Vertissolos na região de Souza, e os Argissolos Vermelho Amarelo e os Neossolos Quartzarênicos no litoral do Estado (FRANCISCO, 2010).

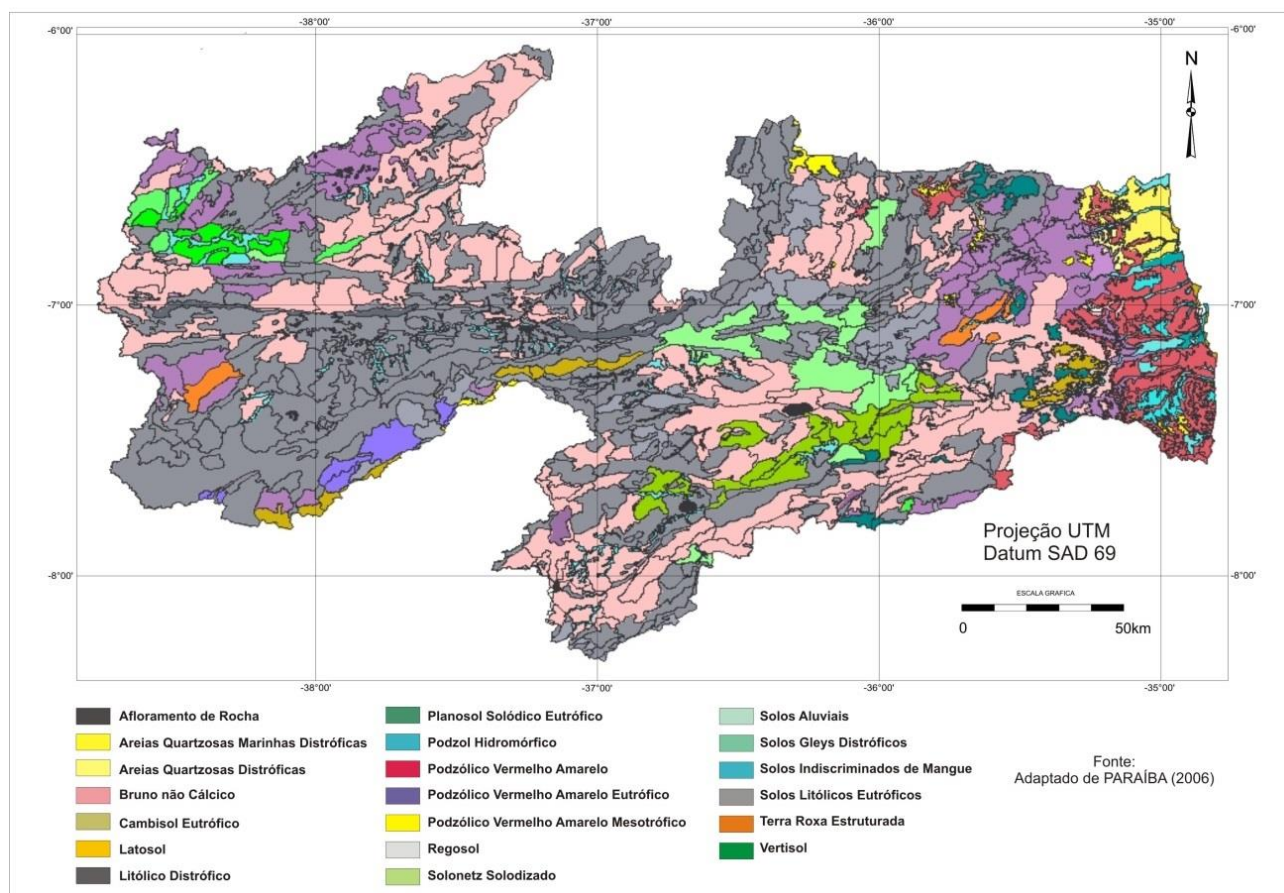


Figura 4. Mapa de solos do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco et al. (2013).

Para o mapeamento do potencial de terras para irrigação foi importado ao SIG SPRING 5.4 na base de dados na projeção UTM/SAD69 de Francisco et al. (2016), o arquivo digital fornecido pela AESA (2012) da classificação conforme Bureau of Reclamation (USA, 1953) e utilizada por PARAÍBA (2006) com adaptações desenvolvidas para as condições da região nordeste do Brasil por Cavalcanti et al. (1994) adotando quatro classes de terras consideradas aráveis e duas consideradas não-aráveis.

Nas terras aráveis, a vocação cultural ou capacidade de pagamento decresce progressivamente das classes de 1 para a 4. As terras da classe 4, denominadas de uso especial, são aquelas de uso restrito e que podem ter uma deficiência excessiva ou várias deficiências combinadas. As terras não-aráveis são aquelas definidas pelas classes 5 e 6. A concepção do sistema admite que na classe 5 estejam incluídas Francisco & Dantas Neto (2021)

terras com valor potencial que possam passar para uma classe arável ou para classe 6 em definitivo, após estudos agrônômicos, de engenharia civil ou de economia. A classe 6 inclui as terras que não apresentam as condições mínimas exigidas para seu enquadramento em outra classe e, portanto, são inadequadas para cultivos irrigados convencionais.

Neste trabalho foi adotada a metodologia da Agência Nacional das Águas (ANA, 2021) do Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada onde consta os Indicadores Municipais - Área irrigada e fertirrigada atual e área adicional irrigável para cada município do Estado.

Com o uso de planilha eletrônica foram realizados a classificação dos municípios e os cálculos das áreas irrigadas e com potencial de irrigação.

Para a elaboração dos mapas de distribuição das áreas irrigadas e com potencial de irrigação foi utilizado o SIG SPRING e um software para design gráfico e edição.

Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos, observa-se que as Terras aráveis de aptidão restrita para a agricultura irrigada ocorrem distribuídas em todo o Estado da Paraíba (Figura 5), com área total de 520.200 hectares (ha) representando 9,23% do total da área (Tabela 1).

Estas ocorrem total ou parcialmente nos municípios localizados na região do Sertão em S. J. de Caiana, Uiraúna, Vieirópolis e Caturité, na região do Cariri nos municípios de Barra de Santana, Campina Grande, Umbuzeiro, Sta. Cecília e Araruna, e na região do Brejo em Cacimba de Dentro e Mulungu, estes ocorrem principalmente sob Argissolos e Vertissolos. Observa-se também pequenas áreas distribuídas ao longo da drenagem dos principais rios localizadas em Neossolos Flúvicos e/ou próximos à açudes.

Para os Vertissolos, de acordo com Cavalcante et al. (2005), concorrem a forte susceptibilidade à erosão, grande pedregosidade e pequena profundidade destes. Os Neossolos Flúvicos são solos de grande importância, no que diz respeito à exploração agrícola e pecuária da região semiárida, porém com auxílio da irrigação podem ser utilizados para o cultivo intensivo de forrageiras e diversas outras culturas. As áreas de cotas regionais mais baixas, onde se acumulam as águas provenientes das circunvizinhanças e os solos já possuem Na^+ trocável. Estes fatores reunidos concorrem para que estes solos sejam muito susceptíveis à salinização.

Na região do Litoral esta classe ocorre total ou parcialmente em Jacaraú, Juripiranga, pedras de Fogo, Sapé, Mari, Cruz do Espírito Santo, Lucena, Araçagi, Santa Rota, Itapororoca, Curral de Cima, Pedro Régio, Araçagi e Rio Tinto, sob Argissolos Vermelho Amarelo. Cavalcante et al. (2005) afirma que estes solos as práticas agrícolas racionais (adubações, medidas conservacionistas e irrigação) aumentam consideravelmente a produtividade.

De acordo com Christofidis (1999), no meio rural do Brasil, tem-se que a área total de solos aptos à irrigação é estimada em 29,6 milhões de hectares – 13,5 milhões de hectares nas áreas de várzeas e 16,1 milhões de hectares em terras altas – o que representa cerca de 3,5% do território nacional.

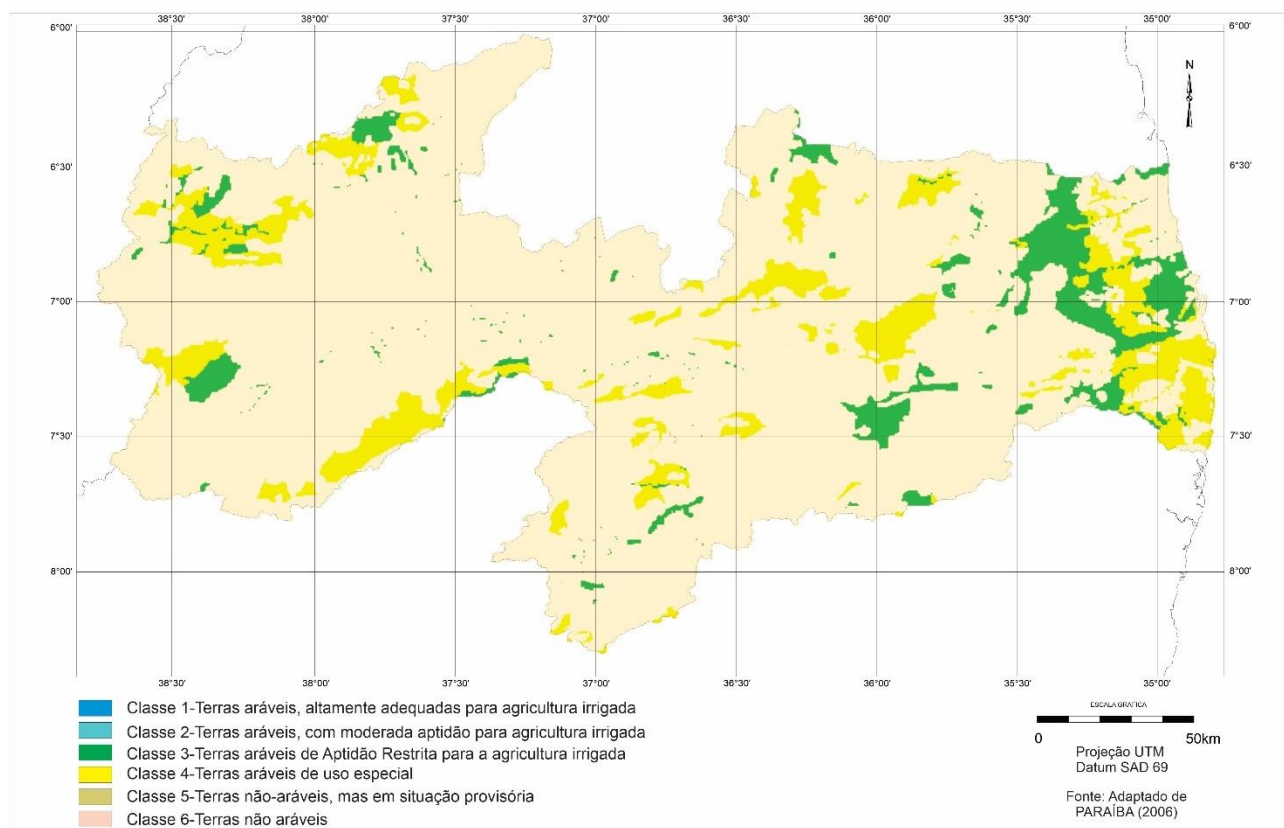


Figura 5. Aptidão para irrigação da área de estudo. Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006); AESA (2012).

Mesmo com estas condições dos solos destas áreas, também ocorre a influência da pluviosidade, pois observa-se que, o Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste, Brejo e Litoral (BRAGA & SILVA, 1990; SILVA, 1996).

Conforme Francisco e Santos (2017), de acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações, observa-se a alta variabilidade da precipitação, tanto espacial como temporal. No mês de janeiro, observam-se chuvas mais significativas e de forma isolada nas regiões do Sertão e Alto Sertão da Paraíba. No mês de fevereiro, esta distribuição já se torna mais homogênea. Os meses de março e abril são os meses mais chuvosos em praticamente todo o Estado da Paraíba, e nos meses de maio a agosto tem-se os maiores totais e que se concentram na faixa leste, principalmente no Litoral Sul. Setembro é considerado o mês mais seco e, no restante do ano, as chuvas ocorridas são de forma isolada. Com relação à distribuição anual, observa-se a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, região do Cariri/Curimataú, com os menores valores de precipitação entre 300 e 500mm; no Sertão e Alto Sertão, em torno de 700 a 900mm. Já no Brejo e Agreste, apresentam-se valores de 700 a 1.200mm; e no Litoral, uma média de 1.200 a 1.600mm.

Na classe de Terras aráveis de uso especial observa-se 738.000 ha (13,09%) localizados em municípios que apresentam solos com esta aptidão, onde provavelmente não ocorre pluviosidade suficiente durante o ano para armazenamento desta água para posterior uso na irrigação. Estes

municípios são Baraúna, Pedra Lavrada, Cubati, Olivedos, Pocinhos, Puxinanã, Coxixola, Monteiro, Livramento e Parari, localizados nas regiões do Seridó e Cariri, áreas com pluviosidade menor.

Tabela 1. Aptidão para irrigação

Municípios em destaque	Classe	Área (ha)	(%)
S. J. de Caiana/ Uiraúna/Vieirópolis/Caturité/ Barra de Santana/ Campina Grande/Umbuzeiro/ Sta. Cecília/Araruna/ Cacimba de Dentro/Mulungu	Terras aráveis de aptidão restrita	520.200	9,23
Monte Horebe/Serra Grande/ Bonito de Sta. Fé/Manaíra/ S. J. de Princesa/Mãe D'água Princesa Isabel/Tavares	Terras aráveis de uso especial	738.000	13,09
	Terras não aráveis	4.379.000	77,68
Total		5.637.200	100,00

Conforme PARAÍBA (1978), outro fator que pode colaborar com a irrigação, é que a maioria dos rios que se localizam nestas áreas são intermitentes, de regime temporário, permitindo na estação seca a utilização de seus leitos, onde também tem seus cursos interceptados por barragens que exercem importante papel nas áreas de sua influência.

A classe de Terras não aráveis para a agricultura irrigada apresenta-se em 77,68% do Estado em 4.379.000 ha distribuída por toda a área nos demais municípios, isto devido as condições dos solos quanto a textura, profundidade efetiva, drenagem, capacidade de armazenamento e principalmente a baixa ocorrência e distribuição das chuvas nestas áreas.

Na região do Litoral, os municípios de Marcação e Baía da Traição, de acordo com o mapeamento da aptidão a irrigação, apresentam Terras não aráveis, mas conforme pode-se observar através da Figura 6 que ocorre a irrigação principalmente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Estas terras ocorrem em Neossolos Quartzarênicos, que conforme Cavalcante et al. (2005), as principais limitações à sua utilização agrícola, são a muito baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, determinada pela sua textura arenosa, que inclusive dificulta as práticas de adubação que visam a ser feitas.

Na Figura 6, da área total irrigada no Estado, e pela Tabela 2, pode-se observar que na classe de 0-100 ha irrigados apresenta 2.419 ha onde constam 84 municípios, e em maior destaque Araçagi no Litoral, e Coremas no Sertão devido a localização do Açude Coremas-Mãe D'água. Para Araçagi observa-se que, pela sua localização em solos com maior aptidão e maior pluviosidade de 1.200mm anual (Figura 2), a irrigação apresenta-se insipiente, portanto, com possibilidade de aumento de área com uso de irrigação. De acordo com ANA (2021), a área irrigada com água de mananciais é mais relevante na Paraíba em 6,0%.

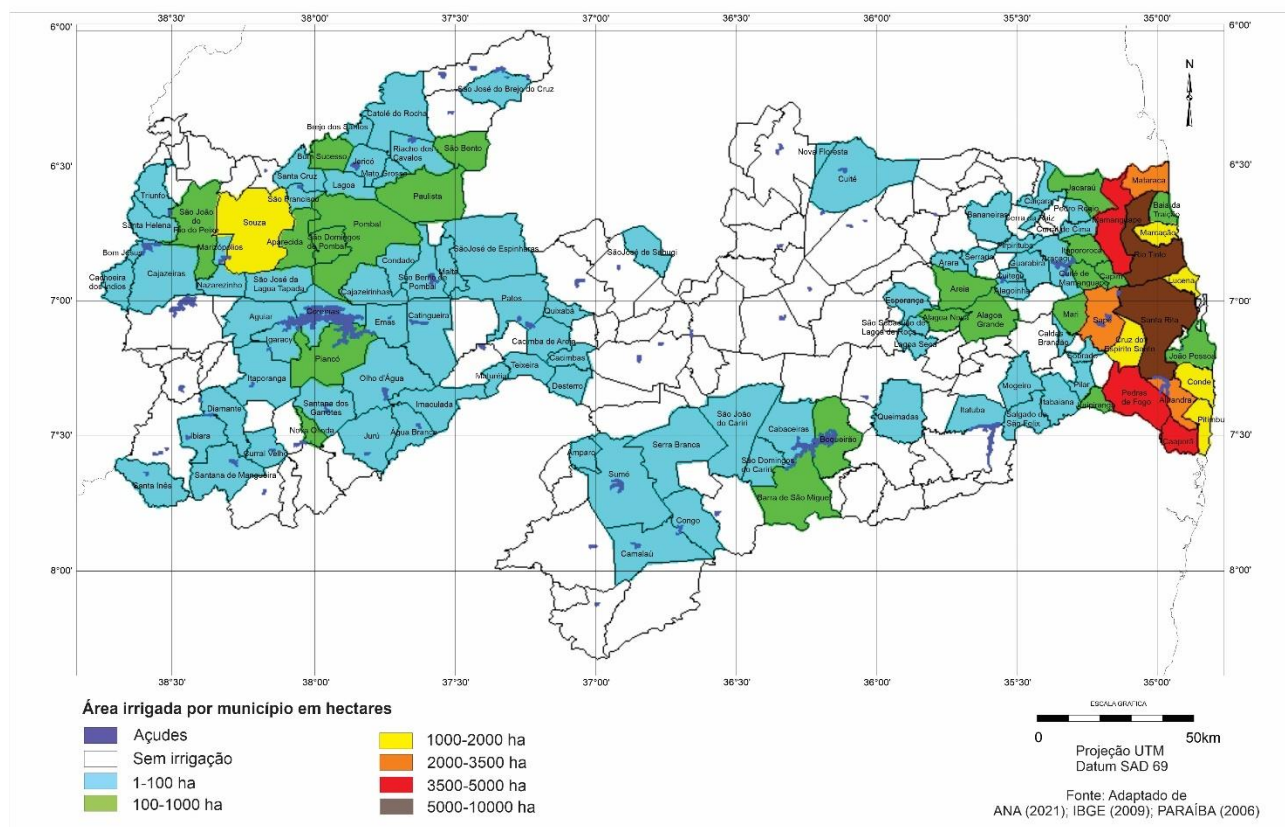


Figura 6. Área total irrigada da área de estudo.

Fonte: Adaptado de ANA (2021); PARAÍBA (2006); IBGE (2009).

Para a classe de 100-1000 apresenta 8.566 ha irrigados distribuídos em 22 municípios, com destaque para Pombal, Paulista, São Bento e S. J. Rio do Peixe na região do Sertão e Boqueirão localizado no Cariri (Figura 6). Observa-se também que o potencial de expansão de área adicional irrigável é de 12.363 ha. No caso destes municípios, por estarem localizados próximos a reservatórios como açudes de grande porte de água, onde a possibilidade do potencial de expansão de adicional irrigável é de 9.799 ha (Figura 7).

Tabela 2. Classes de área total irrigada e potencial

Qtde	Municípios em Destaque	Uso da irrigação (ha)	Área Total (ha)	Área com Potencial (ha)
75		sem uso	0	0
28	Aroeiras/Natuba	sem uso	0	5.799
84	Araçagi/Coremas	0-100	2.419	9.799
22	Pombal/Paulista/Boqueirão/ São Bento/S. J. Rio do Peixe	100-1000	8.566	12.363
6	Sousa/Conde	1000-2000	7.909	3.620
3	Alhandra/Mataraca/Sapé	2000-3000	6.526	2.407
3	Caaporã/Pedras de Fogo/Mamanguape	3000-5000	11.237	179
2	Rio Tinto/Santa Rita	5000-10000	15.933	2.200
223	Total		52.590	36.367

Observa-se também pela Figura 7 e pela Tabela 2 que o potencial de expansão de adicional irrigável é de 9.799 ha distribuídos pelo Sertão, Cariri e Litoral.

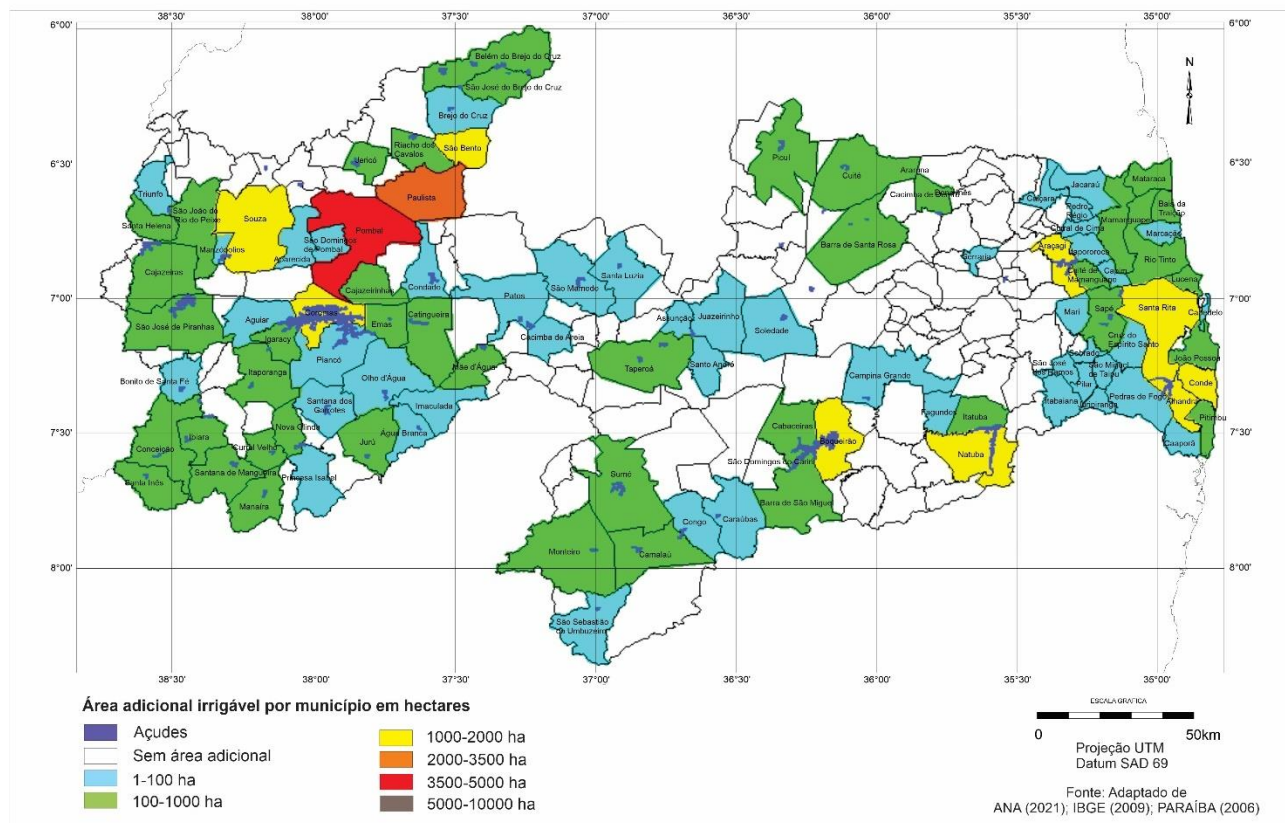


Figura 7. Potencial de expansão de adicional irrigável da área de estudo.

Fonte: Adaptado de ANA (2021); PARAÍBA (2006); IBGE (2009).

Na classe de 1000-2000 ha por município (Figura 6), apresenta um total de 7.909 ha irrigados onde constam 6 municípios em destaque, em Sousa localizado no Sertão e Conde na região do litoral. Conde por ocorrer maior pluviosidade entre 1700mm ao ano (Figura 2), mesmo apresentando em sua maioria Terras aráveis de uso especial, e Sousa por estar localizado em Vertissolos que apresentam alguns problemas quando seco e úmido, duro e pegajoso, respectivamente, mas por estar próximo e ao longo do Projeto de Irrigação Várzeas de Sousa (PIVAS). Na Figura 7, pode-se observar que, o potencial de expansão de adicional irrigável é de 3.620 ha, onde os municípios de Coremas, Sousa e São Bento se destacam devido a presença do PIVAS, do açude Coremas-Mãe D'água e a presença dos rios Piancó, Piranhas e Espinharas.

De acordo com ANA (2021), para a área do Projeto de Irrigação Várzeas de Sousa, localizados nos municípios de Sousa e Aparecida, com um total de 6.336 ha com uma área já implantada de 4.404 ha, apresenta somente 1.606 ha em produção de principais cultura como coco em 40% e banana em 26% da área, e com uso de sistema de irrigação de aspersão em 42%, e localizada em 58% da área total.

A classe de 2000-3000 (Figura 6) apresenta 6.526 ha irrigados onde constam 6 municípios, e com maior destaque para os municípios de Alhandra onde ocorre sob Argissolos, Mataraca localizados Francisco & Dantas Neto (2021)

na região do Litoral sob Neossolo Quartzarênico, e Sapé localizados na região do agreste em Luvisolos, todos indicadas como Terras não aráveis. Observa-se um potencial de expansão de adicional irrigável em 2.407 ha, em torno de 35% de possibilidade de expansão de área, isto devido a localização geográfica quanto a distribuição da pluviosidade em torno de 1700mm anual.

Observa-se que ocorre somente em 2 municípios, Rio Tinto e Santa Rita a classe de 5000-10000 ha com área de 15.933 ha irrigados localizados na região do Litoral sob a ocorrência de Argissolos. Estas áreas apresentam um potencial de expansão adicional irrigável de 2.200 ha devido a ocorrência de maior pluviosidade. De acordo com o MAPA (2010) e Paixão et al. (2011) existem 9 usinas de cana de açúcar distribuídas pelos municípios de Mamanguape, Santa Rita, Rio Tinto, Pedras de Fogo, Caaporã e Sapé. Faria et al. (2008) afirmam que, a irrigação complementar ou suplementar da cana-de-açúcar é, hoje, uma das alternativas tecnológicas em busca da verticalização da produção dessa cultura no litoral da Paraíba.

Entretanto, neste setor, o desperdício de água é ainda mais vexatório, pois aproximadamente 95% dos quase 3 milhões de hectares que são irrigados atualmente no Brasil utilizam os métodos menos eficientes, como espalhamento na superfície, aspersão convencional e pivô central (CHRISTOFIDIS, 1999).

Pela Figura 6 e pela Tabela 2, pode-se observar que 75 (33,63%) dos municípios do Estado não utilizam o uso de irrigação para produção agrícola, 28 municípios não utilizam, mas apresentam área potencial em 5.799 ha e se destacam Aroeiras e Natuba, localizados próximos a drenagem do rio Paraíba.

Christofidis (2013) afirma que, a incorporação de áreas dominadas pelo método de irrigação localizada (gotejamento, microaspersão, etc.) elevou-se de 112.730 (1996), para 327.866 hectares (2006). Na região Nordeste, houve a expansão da área atendida com sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) de 55,2 mil hectares, em 1996, para uma superfície da ordem de 103 mil hectares, em 2006. ANA (2021) observa que o potencial de instalação da irrigação (total e efetivo) deve ser analisado com cautela, sendo útil para o planejamento geral, zoneamentos e o monitoramento do setor.

De acordo com ANA (2021) o Estado da Paraíba apresenta somente um potencial efetivo de área adicional irrigável de 0,03%. Essa projeção indica a incorporação desses 0,03% disponíveis utilizando-se os métodos mais eficientes no uso da água – irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) e a aspersão por pivô central – deverão ser responsáveis por cerca de 75% desse crescimento, com destaque para a fruticultura. Numa previsão de horizonte para 2040 é prevista uma maior participação dos pivôs centrais e da irrigação localizada (concentrada na tipologia outras culturas e sistemas) nas demandas da agricultura irrigada.

Conforme ANA (2021), os polos de agricultura irrigada (nacional, regionais ou locais) são unidades territoriais cruciais para o planejamento do setor e a implementação dos instrumentos das políticas de irrigação e de recursos hídricos. A delimitação dessas áreas e o detalhamento de seus atributos dão foco para a gestão e servem como vitrines para o desenvolvimento de outras iniciativas.

No Estado da Paraíba, 122,1 mil hectares estão destinados ao cultivo de lavouras de cana-de-açúcar, representando em média 1,5% da área total do país, com produtividade média de 54,8 toneladas ha⁻¹ (CONAB, 2020). Nos últimos anos houve um crescente aumento na área plantada e na produção da cana, causado, sobretudo pelo aumento das exportações de açúcar e álcool.

A cana-de-açúcar é o produto agrícola mais produzido na Paraíba, conforme Pesquisa da Produção Agrícola Municipal em 2013 (IBGE, 2014). De acordo com o levantamento, foram produzidas 6.094.359 toneladas do produto em 2013, um aumento de 3,9% em relação a 2012. O valor da produção de cana-de-açúcar em 2013 foi de R\$ 386 milhões. A área destinada à colheita do produto foi de 122.070 hectares, sendo que o rendimento médio é de 49.927kg por hectare.

A cultura da cana-de-açúcar teve sua expansão no Nordeste brasileiro no período de 1970 a 1975, com recursos do programa do álcool (Proálcool), principalmente nos tabuleiros costeiros, por se tratar de uma região mais favorecida por chuvas em determinados períodos do ano (FARIAS et al., 2008). Alguns componentes climáticos influenciam diretamente no crescimento, na produção e na qualidade da cana-de-açúcar, a exemplo da radiação solar e também da disponibilidade hídrica adequada e bem distribuída, seguida de meses relativamente secos, a fim de obter alto rendimento de sacarose (EMBRAPA, 2012).

A dinâmica atual da produção de cana-de-açúcar sofre a limitação da extensão da principal área física produtora, além de dificuldades de topografia, clima, fertilidade do solo e baixo nível tecnológico de produtores de menor porte (PAIXÃO & FONSECA, 2011). Neste contexto, a irrigação complementar ou suplementar da cana-de-açúcar é, hoje, uma das alternativas tecnológicas em busca da verticalização da produção dessa cultura no Litoral Norte da Paraíba (FARIAS et al., 2008).

De acordo com a Revista Cultivar (2021), o último levantamento desta cultura, divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020), a estimativa de produção da Paraíba para a safra 2020/2021 foi de 6,77 milhões de toneladas de cana-de-açúcar.

Conclusão

Embora apresente limitações relativas à escala de trabalho, o uso de técnicas do geoprocessamento permitiu estimar e mapear o potencial de irrigação e sua expansão.

Terras aráveis de aptidão restrita para a agricultura irrigada ocorrem distribuídas em todo o Estado com área total de 520.200 hectares representando 9,23% e Terras aráveis de uso especial observou-se em 738.000 ha (13,09%).

A classe de 0-100 irrigados apresentou-se em 2.419 ha em 84 municípios com possibilidade de aumento de área com uso de irrigação. Na classe de 100-1000 apresentou 8.566 ha irrigados distribuídos em 22 municípios, o potencial de expansão de área adicional irrigável é de 12.363 há e o potencial de expansão de adicional irrigável é de 9.799 ha.

A classe de 1000-2000 ha apresentou um total de 7.909 ha irrigados e o potencial de expansão de adicional irrigável é de 3.620 ha.

A classe de 2000-3000 apresentou 6.526 ha irrigados com um potencial de expansão de adicional irrigável em 2.407 ha (35%). A classe de 5000-10000 ha apresentou área de 15.933 ha irrigados localizados na região do Litoral sob a ocorrência de Argissolos com um potencial de expansão adicional irrigável de 2.200 ha.

No entanto, dada a importância destas terras irrigáveis identificadas, e considerando-se o valor que representam para a economia estadual, correspondendo em geral, às melhores terras agrícolas, impõem-se a necessidade de um uso e manejo adequado das mesmas, no sentido de se evitar o deterioramento.

Por se tratar de uma atividade relativamente complexa, a irrigação deve ter sua expansão no Estado através de uma ação coordenada e sistemática, obedecendo as alternativas técnicas da análise integrada dos recursos de solo e água.

Referências Bibliográficas

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011. Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 9 de julho 2018.
- ASPLAN. Balanço final da safra 2018/19 de cana-de-açúcar mostra que a Paraíba manteve média de produção. 2021. Disponível em: <https://asplanpb.com.br/2019/06/05/balanco-final-da-safra-2018-19-de-cana-de-acucar-na-paraiba-mostra-reducao-da-producao-em-relacao-ao-periodo-anterior/>. Acesso em: 10 de abril de 2021.
- AMARAL, F. C. S. DO. Sistema brasileiro de classificação de terras para irrigação: enfoque na Região Semi-Árida. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 218p. Convênio Embrapa Solos / CODEVASF.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2. ed. Brasília: ANA, 2021. 130p.
- BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, Salvador. Anais... Salvador, 1990. p.200-205.
- CAVALCANTI, A. C.; RIBEIRO, M. R.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, F. B. R. Avaliação do potencial das terras para irrigação no Nordeste (para compatibilização com os recursos hídricos). Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 38p.
- CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. O estado das águas no Brasil. 1999. Brasília, ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999. 334p.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. Revista de Política Agrícola, v.22, n.1, p.115-127, 2013.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. v.1, Brasília: 2013. 58p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/26522_a59699997ccd7d2a58a5c9a29371b267. Acesso em: 12 de abril de 2021.

- EMBRAPA. Aptidão climática do Estado de Alagoas para culturas agrícolas. Relatório Técnico. Convênios SEAGRI-AL/Embrapa Solos n.10200.04/0126-6 e 10200.09/0134-5. Recife: Embrapa Solos, 2012. 86p.
- FARIAS, C. H. DE A.; FERNANDES, P. D.; AZEVEDO, H. A.; DANTAS NETO, J. Índices de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e de sequeiro no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.4, p.356–362, 2008.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Climatologia do Estado da Paraíba. 1ª ed. EDUEFG: Campina Grande, 2017. 75p.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação de terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o Estado da Paraíba. *Revista Educação Agrícola Superior*, v.28, n.1, p.30-35, 2013.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R.; MATOS, R. D.; BANDEIRA, M. M.; SANTOS, D. Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1093-1108, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Climatologia do Estado da Paraíba. 1.a ed. Campina Grande: EDUEFG, 2017. 75p.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; SANTOS; D.; BANDEIRA; M. M.; SILVA, L. L. DA. Variabilidade da temperatura média do ar no estado da Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015. Fortaleza, 2015a.
- FRANCISCO; P. R. M.; MEDEIROS; R. M. DE; MATOS, R. M. DE; SANTOS; D. Variabilidade espaço-temporal das precipitações anuais do período úmido e seco no Estado da Paraíba. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. CONTECC' 2015. Fortaleza, 2015b.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015c.
- FLICKR. Fotos das Várzeas de Sousa. ARAUJO, E. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/egbertoaraujo/9773159596/in/photostream/>. Acesso em: 04 de abril de 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 abril de 2021.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático. Instrução Normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008.
- MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. DE; LIMA, R. A. F. DE A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.2, p.181-186, 2010.

MI. Ministério da Integração. 2013. Disponível em: www.integracao.gov.br/projeto-varzeas-de-sousa-pb. Acesso em: 12 de abril de 2021.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. *Journal Climate*, v.10, p.2464-2479, 1996.

PAIXÃO, M. C. S.; FONSECA, M. B. da. A produção de etanol de cana no Estado da Paraíba: alternativas de sustentabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n.24, p.171-184, 2011.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda., 1978. 448p.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação Instituto de Planejamento. Potencial de irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba. FIPLAN-SUBIN-UFPB/CCA-CEPED, 1980. 287p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.

Revista Cultivar. Pesquisa sobre evolução da cana-de-açúcar é realizada na Paraíba. 2021. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/pesquisa-sobre-evolucao-da-cana-de-acucar-e-realizada-na-paraiba>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

SILVA, S. T. DA. A Influência do El Niño-Oscilação Sul na distribuição espacial da precipitação no estado da Paraíba. 63f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1996.

SOUSA, A. R. DE; SILVA, A. B. DA; ACCIOLY, L. J. DE O.; LIMA E SÁ, V. A. DE; NUNES FILHO, J.; SIQUEIRA, S. M. Avaliação do potencial das terras do município de Aliança-PE para uso com irrigação. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34, 2013, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2013.

USA. Department of Interior. Bureau of Reclamation. Reclamation manual: irrigated land use: land classification. v.5, part.2. Denver, 1953. 54p.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR M. J. N.; NIETZCHE, M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande. 1984.



Curriculum dos Organizadores e Autores

Paulo Roberto Megna Francisco: Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba - UFPB-CCA/Areia. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorando em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e Graduação em Tecnologia Agrícola - Mecanização pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atuando atualmente como pesquisador e colaborador em projetos junto à UFPB Campus de Areia e Campus de João Pessoa, UFCG - Campus de Campina Grande e Campus de Sumé. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Atualmente é Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC.
paulomegna@gmail.com

José Dantas Neto: Técnico em Agricultura pelo Colégio Agrícola Vidal de Negreiros -CAVN (1974), possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (1978), graduação em Direito pela Universidade Estadual da Paraíba (2000), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1984) e doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1994). Atualmente é professor Titular da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, adubação, culturas bioenergéticas, forrageiras irrigadas, pegada hídrica e uso racional da água.
zedantas1955@gmail.com

Amanda Cristiane Gonçalves Fernandes

Graduada em Estatística (2011), Ciências Jurídicas (2016) e Licenciatura em Geografia (2021) pela Universidade Estadual da Paraíba-UEPB. Especialista em Estatística Aplicada (2013) e Desenvolvimento e Meio Ambiente (2010) pela Fundação Universitária de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e à Extensão. Mestre em Engenharia Mineral pela Universidade Federal de Pernambuco-UFPE (2016). Atualmente, doutoranda do Programa Pós Graduação em Engenharia de Gestão em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. Áreas de Interesse: Recursos Hídricos; Gestão dos Recursos Hídricos; Modelagem hidrológica; Tecnologias sociais hídricas; Semiárido; Direito Ambiental e Direitos Humanos.

amandafernandestt@gmail.com

Clemilda Barreto de Sousa: Geógrafa pela UEPB (2013). Especialista em fundamentos da educação-UEPB (2015). Docente educação básica do Governo do Estado da Paraíba e na Prefeitura Municipal de Caldas Brandão.

clemildacg2010@hotmail.com

Daniel Duarte Pereira: Graduação em Agronomia UFPB/CCA (1987), Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente- Gerenciamento Ambiental UFPB (2003); Doutorado em Recursos Naturais UFCG (2008); MBA em Empreendedorismo e Inovação UFCG/UEPB (2017). Professor Associado II, UFPB, CCA, Areia, Disciplinas de Gestão dos Recursos Naturais e Ambientais, Recursos Naturais Renováveis, Agroecologia, Ecologia do Semiárido, Floricultura e Paisagismo e Coordenador do Módulo de Agroecologia. Experiência nas áreas de Agronomia/Ecologia, com ênfase em Agroecologia, Silvicultura e Recursos Ambientais, atuando nos temas: Semiárido, Semiaridez, Desertificação; Manejo e Ecologia das Caatingas, Sistemas Agroflorestais, Recuperação de Áreas Degradadas, Análise Ambiental, Valoração Econômica de Recursos Ambientais, Adequação Ambiental de Propriedades e Projetos de Assentamento Rurais e Recuperação de Matas Ciliares. Foi Pesquisador Bolsista do INSA/MCTIC de 2012 a 2016, onde foi Assessor Técnico por ocasião da implantação nos anos de 2006-2007. Atualmente é pesquisador visitante do INSA onde coordena o Núcleo de Desenvolvimento e Tecnologias Sociais. Coordenou a Incubadora de Artefatos de Couro e Calçados INAC/PaqTc/ITCG/Sebrae/Cerne/Anprotec. Participou como coordenador pedagógico do Curso de Especialização Processos Históricos e Inovações Tecnológicas no Semiárido UFPB/MDA/PRONERA/INSA. Realizou várias consultorias para o Banco Mundial, Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Educação e Ministério do Desenvolvimento Agrário. Participou como professor e pesquisador da Universidade Camponesa (UniCampo) UFCG/CIRAD. Participou da criação do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido CDSA/UFCG, Campus Sumé. Elaborou e coordenou diversos projetos na área ambiental e em especial no Bioma Caatinga e é autor dos livros *Plantas, Prosa e Poesia do Semiárido* (2005) e *Mangas, Malhadas e Cercados Um Semiárido que não se Rende!* (2008). Organizador de vários livros e autor de diversos capítulos em vários livros. Foi recebedor do Prêmio Nordestino de Ecologia (1995), do Prêmio Paraibano de Ecologia (2000), do Prêmio Telmo Araújo - Semiárido (2008) e do Prêmio Gente do Cariri (2013). Foi Presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Parahyba do Norte. É Presidente do Instituto Histórico e Geográfico do Cariry Paraibano, Presidente do Instituto Histórico e Geográfico de Areia, Membro do Instituto Histórico e Geográfico Paraibano, Membro da Sociedade Brasileira de Estudos do Cangaço, Membro do Instituto Histórico e Geográfico de Pocinhos, Membro do Instituto Histórico de Campina Grande, Membro do Instituto Histórico e Geográfico de Serra Branca, Membro do Instituto Histórico e Geográfico de Esperança, Membro da Sociedade Paraibana de Arqueologia, Membro da Academia de Letras de Areia, Membro da Academia de Letras de Campina Grande. Foi Membro do Conselho Estadual de Cultura. Foi Presidente da Fundação Severino Cabral em Campina Grande. Foi Membro da Comissão Técnica de Análise de Projetos do Fundo Estadual de Cultura Augusto dos Anjos. Foi Conselheiro do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Foi Coordenador pedagógico das Expedições do Semiárido UFCG/PEASA/MISA nos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. É Curador Voluntário do Museu Interativo do Semiárido (MISA/PEASA/UFCG). Fundador do Museu Interativo do Semiárido (MISA/UFCG), do Museum Regional do Cariry Balduino Lellys e do Memorial de São Thomé do Sucuru (Sumé). É Vice-Coordenador do Curso de Agronomia UFPB/CCA de 2017 até esta data. É Conselheiro da Comissão Estadual de Orgânicos.

danielduartepereira66@gmail.com

Dânio Marne Silva de Araújo: Possui graduação em Enfermagem pela Universidade Estadual da Paraíba (2006). Atualmente é Enfermeiro da Universidade Federal de Campina Grande e do Hospital de Emergência e Trauma da mesma Cidade. Tem experiência na área de Enfermagem, com ênfase em Gestão da Qualidade, Vigilância Epidemiológica e em Saúde, Urgência e Emergência, Unidade de Terapia Intensiva.
daniomarne@gmail.com

Djail Santos: Engenheiro Agrônomo (UENP-Campus Luiz Meneghel, 1990), Mestre em Solos e Nutrição de Plantas (UFLA, 1993) e Doutor em Crop and Soil Sciences (Michigan State University, MSU, 1998). Professor Titular do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com atuação na área de Manejo e Conservação de Solo e Água. Atualmente, é Coordenador do PPG em Ciência do Solo. Foi Diretor do CCA/UFPB por dois mandatos (2009-2017), Coordenador do Curso de Agronomia (2006-2009) e Assessor de Pesquisa (2002-2006) do Campus II. Membro do corpo docente do PPG em Ciência do Solo e do PPG em Agronomia, ministrando as disciplinas de Manejo e Conservação do Solo e Sistemas de Produção Orgânicos e Convencionais. Atualmente é membro do Conselho Universitário (CONSUNI-UFPB) como representante dos docentes do CCA, Campus II. Atuou como membro do Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável (CEDRS-PB) e do Conselho Técnico-Administrativo da EMATER-PB. Tem experiência na execução e coordenação de diversos programas e projetos vinculados a SECAD/MEC (Conexões de Saberes), SESu/MEC (PROEXT), INCRA/MDA (PRONERA), CNPq e PNPd/CAPES. Tem atuação em ensino, pesquisa e extensão com ênfase em manejo e conservação de solo e água, qualidade do solo, aptidão agrícola das terras, sistemas de produção, agricultura sustentável.
santosdj@cca.ufpb.br

Edilma da Silva Santo: Mestranda em Gestão de Recursos Naturais- UFCG-2019. Especialista em Geografia - UFCG-2017. Pesquisadora da Universidade Federal de Campina Grande. Trabalha com Geotecnologias aplicadas no Cariri Paraibano, com ênfase para gestão hídrica, no alto curso da bacia do rio Paraíba. Trabalha com elaboração de mapas em QGIS ArcGis. Graduada em Geografia (UEPB-2012). Docente da educação básica, leciona a disciplina de Geografia.
edilmasantos4@hotmail.com

Else de Farias Albuquerque: Possui graduação em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Paraíba (1995) e mestrado em Sociologia pela Universidade Federal da Paraíba (2002). Atualmente é consultora técnica do componente mobilização social do Programa Água Doce, para a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte. Possui experiência em trabalhos na região semiárida brasileira, atuando em comunidades; e atuação como professora universitária.
else.farias@gmail.com

Ezequiel Sóstenes Bezerra Farias: Possui graduação em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba (2008) e graduação em Agroecologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2013). Concluiu o Curso de Especialização em Educação de Jovens e Adultos com ênfase em Economia Solidária no Semiárido paraibano e o Mestrado em Ciência Agrárias (Agroecologia). Atualmente é professor efetivo de Geografia na Escola Cidadã Integral Técnica Estadual Pedro Bezerra Filho e Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (UFCG). Tem experiência nas áreas de Agroecologia e Educação Ambiental, com ênfase em Extensão Rural, Tecnologias Sociais e Sistemas Agroflorestais, atuando principalmente nos seguintes temas: semiárido, meio ambiente, ecologia, manejo do solo e caatinga.
ezequielsostenes@gmail.com

Felisbela Maria da Costa Oliveira

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (1979), especialização em *Cértificat D'études Supérieures* pela *Ecole Nationale Des Travaux Publics de L'état* (1982), mestrado em *Diplôme D'études Approfondies* pela *Institut National Des Sciences Appliquées de Toulouse* (1983) e doutorado em *Doctorat Insa* pela *Institut National Des Sciences Appliquées de Toulouse* (1986). Atualmente é Associado da Universidade Federal de Pernambuco, Revisor de periódico da *Holos* (Natal. Online) e Revisor de periódico da *Revista Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Geotécnica. Atuando principalmente nos seguintes temas: *Rhéologie, Cisaillement, Boues de forage, Thixotropie, Vibration*.

felisbela.oliveira@ufpe.br

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).

georgenribeiro@gmail.com

Igo Marinho Serafim Borges

Graduado em Licenciatura em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), onde trabalhou com ensino de geografia, estudo e análise de solo, e indicadores de sustentabilidade aplicada a agricultura familiar e atualmente mestrando no programa de pós graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (UFCG). Com experiência nas áreas: Metodologias ativas no ensino de geografia; Agricultura familiar; Uso racional dos Recursos Hídricos; Gestão dos Recursos Naturais; Reflorestamento; Tecnologias sociais hídricas; Semiárido; Monitoramento urbano.

igomarinho27@gmail.com

Marcio Luiz de Siqueira Campos Barros

Possui mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2000) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (2008). Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Engenharia de Minas, com ênfase em *Lavra a Céu Aberto*, atuando principalmente nos seguintes temas: *rochas ornamentais, índices físicos, brilho, alterabilidade, monitoramento de pedreira*.

mlbarros@ufpe.br

Márcia Liana Freire Pereira: Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (1995) e mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (1998). Atualmente é assessora técnica da coordenação de programas e projetos da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em processos com membranas, atuando principalmente nos seguintes temas: *tratamento de água, dessalinização e qualidade da água*.

liana.freire@gmail.com

Sérgio Murilo Santos Araujo: Graduado (1992) e Mestre (1996) em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), e Doutor em Ciências/Geociências (2004) na área de Administração e Política de Recursos Minerais (Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP). Professor Associado da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Campina Grande - PB. Grandes Áreas de atuação: Geografia e Geociências. Áreas temáticas de Geografia Física: Geomorfologia, Climatologia, Geologia e Recursos Hídricos e Geografia Ambiental: Desenvolvimento e Meio Ambiente, Análise Ambiental, Administração e Política de Recursos Minerais, Vulnerabilidades, Riscos e Impactos Ambientais (EIA/RIMA), Gestão e Conservação dos Recursos Naturais, Desertificação e Degradação Ambiental e Recuperação de Áreas Degradadas. Participa de Grupos de Pesquisas, como líder do Grupo Gestão e Ordenamento Ambiental - GEOAMB (UFCG). Participa de Programas de Pós-Graduação em Recursos Naturais (Mestrado e Doutorado/PPGRN - UFCG) e História (Mestrado - UFCG). Como atividades de gestão acadêmica foi Coordenador Administrativo da Unidade Acadêmica de Geografia da UFCG, Coordenador de Pesquisa e Extensão, Coordenador de Curso de Especialização e Atualmente é Coordenador de Curso de Graduação em Geografia.

sergiomurilosa.ufcg@gmail.com

Vera Lucia Antunes de Lima: Possui graduação em Engenharia Agrícola (1984) e mestrado em Engenharia Civil (1991) pela Universidade Federal da Paraíba e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1998). Atualmente é Professora Titular da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG/PB. Tem experiência na área de Irrigação e Drenagem, com ênfase em Tecnologia e Problemas Sanitários de Irrigação, atuando principalmente nos seguintes temas: reúso de água; movimento de solutos; eficiência de irrigação; culturas irrigadas; drenagem de terras agrícolas; propriedades físico-hídricas do solo e impactos ambientais.

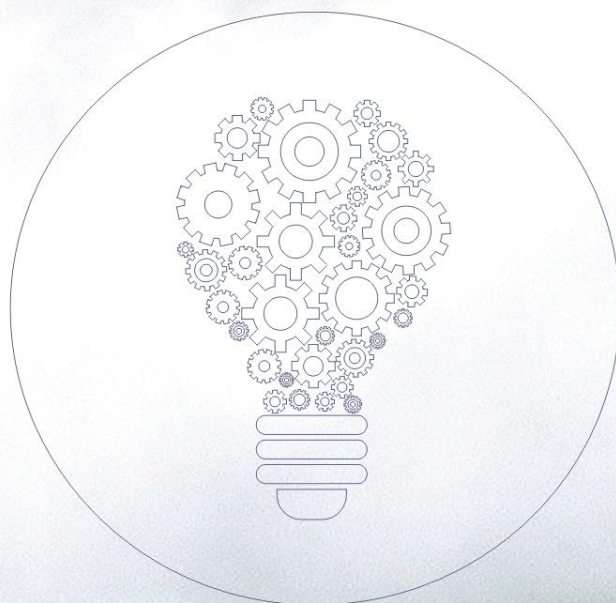
antuneslima@gmail.com

Viviane Farias Silva: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2015) e doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2017). Pós Doutora em Recursos Naturais (2017-2019). Professora do Magistério superior da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal na área de ciências básicas, Engenharia e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande.

viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

Weruska Brasileiro Ferreira: Possui graduação em Engenharia química pela Universidade Federal da Paraíba (1995), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2008) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2012). Atualmente é professora efetiva da Universidade Estadual da Paraíba do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Credenciada No programa de Pós - Graduação de Ciência e Tecnologia Ambiental da UEPB. Atuando nas seguintes áreas de conhecimento: qualidade de águas naturais, tratamento de águas para consumo humano e industrial, dessalinização de águas, tratamento de efluentes, Biorremediação, saneamento ambiental, Saneamento Rural e Biotecnologia das microalgas especialmente na geração de biocombustíveis.

weruska_brasileiro@yahoo.com.br



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



Universidade Federal
de Campina Grande



978-65-00-27398-4