



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE  
UNIDADE ACADÊMICA DE BIOLOGIA E QUÍMICA  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**HERIKLENO SILVA SANTOS**

**EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FRUTANOS EM *Agave sisalana* PERRINE**

Cuité-PB  
2016

**HERIKLENO SILVA SANTOS**

**EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FRUTANOS EM *Agave sisalana* PERRINE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* Cuité, como um dos pré-requisitos à obtenção do título de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas.

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Alberto Garcia Santos

Cuité-PB  
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE  
Responsabilidade Jesiel Ferreira Gomes – CRB 15 – 256

S237e Santos, Herikleno Silva.

Extração e quantificação de frutanos em *Agave sisalana* perrine. / Herikleno Silva Santos. – Cuité: CES, 2016.

48 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2016.

Orientador: Dr. Carlos Alberto Garcia Santos.

1. *Agave sisalana*. 2. Extração. 3. Frutanos. I. Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 633.526.2

HERIKLENO SILVA SANTOS

EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE FRUTANOS EM *Agave sisalana* PERRINE

MONOGRAFIA APRESENTADA AO CURSO DE BIOLOGIA,  
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA PLENA EM  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Nota \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Garcia Santos (Orientador) UFCG/CES/ UABQ

---

Prof. Dr. Marcus José Conceição Lopes (Avaliador) UFCG/CES/ UABQ

---

Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas (Avaliador) UFCG/CES/ UABQ

---

Prof. Dr. Paulo Sérgio Gomes da Silva (Suplente) UFCG/CES/ UABQ

*Aos meus pais José Alves dos Santos e Severina  
Silva Santos e minha estimada vó Maria Firmina  
que acreditaram e torceram por mim, me ensinando  
o caminho certo a seguir e sempre me incentivando  
a estudar para me tornar uma pessoa melhor.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que me permitiu alcançar essa conquista em meio a tantas dificuldades e sempre me concedeu força para continuar.

Aos meus pais José Alves Dos Santos e Severina da Silva Santos, por todo amor e incentivo e nunca me desamparar nos momentos difíceis.

A meu Irmão Alexsandro Silva Santos, por todo apoio, carinho e atenção conferidos, durante toda a minha jornada.

Aos meus queridos familiares que sempre estiveram ao meu lado nos bons e maus momentos, apoiando e incentivando. Em especial a meus primos Itamar Ítalo, Alison Alex e Lindberg Lima, por sempre estarem ao meu lado nas dificuldades.

A todos os professores presente em minha formação acadêmica, por toda contribuição e amizade proporcionada.

A todas as amizades construída durante o curso, em particular aos do curso de ciências biológicas, os quais tive a oportunidade de conviver durante esses anos.

A os amigos de sala José Mendes Neto, Hémerson, Nilda Guedes, João Paulo Negreiros, Núbia Lafayett, Margareth Machado, Rute Queiroz, Audiene Medeiros, Luana Fernanda, Genivan Santos, Luis Fernando Filho, Valéria Sabrina Luna, Gilbanete Ferreira, Leanne Lima, Fatima Nobrega e Adeilza Cazé, por todas as vivencias, dificuldades, alegrias e conquistas obtidas durante esse período. Em especial para a minha grande amiga Rita de Cássia da Silva Nascimento pelos inúmeros momentos de apoio e companheirismo proporcionados nos momentos difíceis da vida acadêmica, inclusive no decorrer deste trabalho, os meus mais sinceros agradecimentos a todos.

Ao meu Orientador Dr. Carlos Alberto Garcia pela amizade, convivência e ensinamentos proporcionados para a concretização deste trabalho, e a professora Dr. Ana Maria da Silva pelo incentivo e desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores do curso de Ciências biológicas, pela paciência, dedicação e ensinamentos mediados nas aulas, contribuindo assim, para a minha formação humana e profissional.

A todos os demais funcionários do CES/UFCG que também estiveram presentes na minha passagem por esta instituição, em especial aos zeladores e técnicos dos laboratórios por proporcionar um ambiente adequado para a execução dessa pesquisa.

Ao meu patrão Edimilson Bezerra, e seus familiares pela compreensão durante meus estudos, em especial a meus companheiros de trabalho, Ronaldo Alves, Maria do Socorro e Manoel sabino, por todos os momentos e ajuda que me cederam durante este trabalho.

Aos meus estimados amigos de infância que mesmo seguindo rumos diferentes sempre estiveram dispostos a me ajudar no que fosse preciso.

A todos que embora não diretamente citados, mas que de alguma forma colaboraram para a concretização deste trabalho de conclusão de curso, sincera gratidão.

*Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena  
Acreditar no sonho que se tem  
Ou que seus planos nunca vão dar certo  
Ou que você nunca vai ser alguém  
Tem gente que machuca os outros  
Tem gente que não sabe amar  
Mas eu sei que um dia a gente aprende  
Se você quiser alguém em quem confiar  
Confie em si mesmo  
Quem acredita sempre alcança!*

(Renato Russo)

## RESUMO

Frutanos são carboidratos de reserva sintetizados a partir da sacarose, de ampla ocorrência natural, estando presentes em diversos organismos como plantas, algas, fungos e bactérias. Os frutanos tipo inulina caracterizam-se por apresentar semelhanças com a fibra alimentar, sendo potencial substituinte da sacarose em alimentos como produtos lácteos, confeitos e panificados. Apresentam importante valor econômico, industrial e farmacêutico, bem como importância na Sistemática vegetal. Estando presente em quantidade significativa em *Agave sisalana*, espécie de notável importância econômica no Brasil, cujo aproveitamento total chega a somente 4% das folhas, percentual este atribuído exclusivamente às fibras. Este trabalho tem como objetivo extrair e quantificar frutanos a partir da folha e do caule de *Agave sisalana* Perrine a fim de contribuir para o conhecimento de seu potencial econômico. As amostras foram coletadas em um campo de sisal dentro do município de Cuité-PB, situado no Curimataú Ocidental distante 235,1 km da capital do estado, João Pessoa. A metodologia utilizada para a extração de carboidratos foi a de duas extrações em etanol 80% a 15 minutos e duas em água a 60°C por 30 minutos separando-se as frações de fruto-oligo e fruto-polissacarídeos por centrifugação. Os resultados obtidos demonstraram que a *Agave sisalana* apresenta no caule 8,3% do peso fresco de fruto-oligosacarídeos e as folhas jovens apresentaram 0,4 % do peso fresco de fruto-polissacarídeos indicando a espécie como significativa fonte de frutanos de interesse econômico.

**Palavras-chaves:** *Agave sisalana*, Extração, Frutanos

## ABSTRACT

Fructans are carbohydrates reservation produced from sucrose of large natural occurrence, being present in several organisms such as plants, algae, fungi and bacteria. Fructans of inulin type is characterised by presenting similarities with the dietary fiber, being potential substitutes of sucrose in foods like milk products, confectionery and bakery products. They present significant economic, industrial and pharmaceutical value as well as importance in Plant Systematics, being present in significant amounts in *Agave sisalana*, species of remarkable economic importance in Brazil, whose total exploitation reaches only 4% of the leaves, a percentage that is assigned exclusively to the fibers. The objective of this study is to extract and quantify fructans from leaf and stem of *Agave sisalana* Perrine in order to contribute to the knowledge of its economic potential. The samples were collected in a field of sisal fibers within the municipality of Cuité-PB, situated in the Western Brazilian far 235.1 kilometers from the state capital João Pessoa. The methodology used for the extraction of carbohydrates was the two extractions in 80% ethanol for 15 minutes and two in water at 60°C for 30 minutes separating the fractions of fruit-oligo- and fruit-polysaccharides. The results obtained demonstrated that the *Agave sisalana* presents on the stem 8.3% of fresh weight of fruit-oligosaccharides and the young leaves showed 0.4% of fresh weight of fruit-polysaccharides indicating the species as a significant source of fructans of economic interest.

**Keywords:** *Agave sisalana*, Extract, Frutanos

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Diferentes tipos de frutanos, de acordo com a classificação de Pollock 1986.....	14
Figura 3: Metabolismo do ácido das crassuláceas.....	16
Figura 4: Modelo da biossíntese de frutanos em plantas e enzimas envolvidas.....	18
Figura 5: Estrutura química da inulina. ....	19
Figura 6- <i>Agave sisalana</i> Perrine. ....	23
Figura 7- Estruturas da <i>Agave sisalana</i> Perrine.....	24
Figura 8- Beneficiamento do <i>Agave sisalana</i> para obtenção de fibra, no município de pocinhos-PB, com destaque para o resíduo descartado no processo.....	26
Figura 9- A- Malha urbana de Cuité-PB, B-Sítio Barreiro.....	30
Figura 10- Campo de Agave onde ocorreram as coletas no sítio Barreiros. ....	30
Figura 11- Visão do campo de Agave onde ocorreram as coletas no sítio Barreiros.....	31
Figura 12-Localização do município de Cuité-PB. ....	31
Figura 13-A e B maceração em almofariz.....	33
Figura 14-Fluxograma do processo de extração dos Frutano.....	34
Figura 15- A- Extração em Banho Maria, B- Centrifugação, C- Secagem em Estufa, D-Pesagem em Balança de Precisão. ....	35

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
CAM	Ciclo do ácido das crassuláceas
6G-FFT	Frutano: Frutano 6G-Frutosiltransferase
1-FEH	Frutano-exohidrolase
1-FFT	Frutano: Frutano 1-Frutosiltransferase
GP	Grau de Polimerização
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
RPM	Rotações Por Minutos
6-SFT	Sacarose: Frutano 6-Frutosiltransferase
1-SST	Sacarose: Sacarose 1-Frutosiltransferase

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1 FRUTANOS.....	13
2.2 INULINA .....	19
2.3 AGAVE SISALANA PERRINE.....	22
3 OBJETIVOS.....	29
3.1 OBJETIVO GERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1 LOCAL.....	30
4.2 COLETA E TRANSPORTE DOS FRUTOS.....	32
4.3 HIGIENIZAÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS.....	32
4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS .....	32
4.5 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE.....	32
4.6 PARA A OBTENÇÃO DO SUCO .....	33
4.7 EXTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS (FRUTANOS) .....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5.1 RENDIMENTO MÉDIO DOS TEORES DE UMIDADE .....	36
5.2 RENDIMENTO MÉDIO DOS TEORES FRUTO-POLISSACARÍDEOS.....	37
5.3 RENDIMENTO MÉDIO DOS TEORES FRUTO-OLIGOSSACARÍDEOS .....	38
5.4 RENDIMENTO MÉDIO DOS FRUTANOS EM <i>A. SISALANA</i> .....	39
6 CONCLUSÃO.....	41
7 REFERÊNCIAS .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as reservas armazenadas pelas plantas, destacam-se os carboidratos, por sua abundância e multiplicidade de usos (MELLO, 2008). Os carboidratos constituem o principal produto da fotossíntese, apresentando diversas funções como fonte de energia para os seres vivos, composição estrutural, sinalizadores, reguladores e receptores de membranas (PINHEIRO; PORTO; MENEZES, 2005).

A fotossíntese é o principal mecanismo para a obtenção de energia pela planta e a partir dela são promovidas a síntese de sacarose e amido, sendo a sacarose a principal forma de carboidrato a ser transportado pelo floema até as partes não fotossintetizantes da planta, onde será convertida em outros compostos, como por exemplo o amido (TAIZ & ZEIGER, 2009). O amido é um dos principais produtos de reserva das plantas, estando amplamente distribuído em espécies vegetais (MELLO, 2008).

Outro produto de reserva são os frutanos (TREVISAN & CARVALHO, 2011). Depois da sacarose e do amido, os frutanos são a classe de carboidratos de maior ocorrência entre os vegetais, podendo estar presentes também em fungos e bactérias (TREVISAN, 2014). Caracterizando-se por apresentar semelhanças com a fibra alimentar, sendo potencial substituinte da sacarose em alimentos funcionais, como também em produtos lácteos, confeitos e panificados (HAULY & MOSCATTO, 2002). São reconhecidos como uma classe de carboidratos há mais de 200 anos, apresentado grande valor econômico, industrial e farmacêutico, bem como sua importância na Sistemática, tornando-se uma grande fonte de estudos (FIGUEREDO-RIBEIRO, 1993).

Entre as diversas plantas produtoras de frutanos podemos citar os membros da família Asparagaceae, como as espécies de *Agave* L. (*Agave tequilana*, *Agave americana*, *Agave atrovirens*, *Agave salmiana* e *Agave sisalana*) (APOLINÁRIO, 2014), por apresentam quantidades significativas destes polissacarídeos que podem chegar a 24% em *Agave tequilana* (HIGUERA, 2009). A espécie de *Agave* de maior importância econômica no Brasil é *Agave sisalana* Perrine popularmente conhecida como sisal, cujo aproveitamento total chega a somente 4% das folhas, percentual este atribuído exclusivamente às fibras (CONAB, 2012). Pouco se sabe sobre o teor de frutanos nesta espécie. De acordo com Sharma & Varshney (2012), somente na folha, encontram-se 8,7 mg/g no sumo armazenado e 20,87 no sumo fresco. Nada se sabe ainda sobre esses valores no caule. Por esta razão, fazem-se necessários novos estudos desses teores a fim dê-se agregar maior valor a cultura desta espécie, uma vez de grande importância no semiárido brasileiro.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FRUTANOS

O termo frutano é um nome genérico designado para oligo e polissacarídeos não redutores de ocorrência natural em plantas (CUELLO, 2012), que apresentam cadeias lineares ou ramificadas, unidas por ligações glicosídicas  $\beta$ -2,1 ou  $\beta$ -2,6 entre os resíduos de frutose, podendo ser encontradas ambas as ligações na mesma molécula (Figura 1) (FIGUEREDO-RIBEIRO, 1993).

O amido é armazenado em células vegetais em grande quantidade sem alteração da pressão osmótica, por ser insolúvel em água. Em oposição ao amido os frutanos são osmoticamente ativos. Característica esta que permite a rápida mobilização de suas moléculas (DIETRICH & FIGUEREDO-RIBEIRO, 1986).

O grau de polimerização (GP) desses carboidratos varia de 2 a 60 moléculas de frutose (CONTADO, 2009), dificilmente ultrapassando 150 unidades em plantas e podendo alcançar 100.000 unidades em microrganismos (CUELLO, 2012). O mais simples com uma molécula de frutose denomina-se monofrutosil sacarose e os lineares com GP entre 2 a 10 moléculas de frutose como oligofrutose ou fruto-oligossacarídeos (CONTADO, 2009), tamanho esse que pode variar dependendo da espécie, idade, fatores ambientais e o ciclo fenológico (ASEGA, 2007).

Os organismos vegetais podem apresentar grande diversidade de moléculas, graus de polimerização (GP) e estruturas químicas, dependendo da espécie, condições ambientais e estratégia de desenvolvimento (APOLINÁRIO, 2014).

Segundo a classificação de Pollock (1986), os frutanos podem ser descritos em cinco estruturas diferentes (Figura 1) baseando-se no tipo de ligação glicosídica encontrada (CONTADO, 2009).

**Frutanos tipo levano**, baseado na 6-cetose; apresentando ligações do tipo  $\beta$ -2,6 entre as moléculas de frutose, de ocorrências nas monocotiledôneas, principalmente nas gramíneas-Poales (ex.: *Phleum pratense* L) (Figura 1-A).

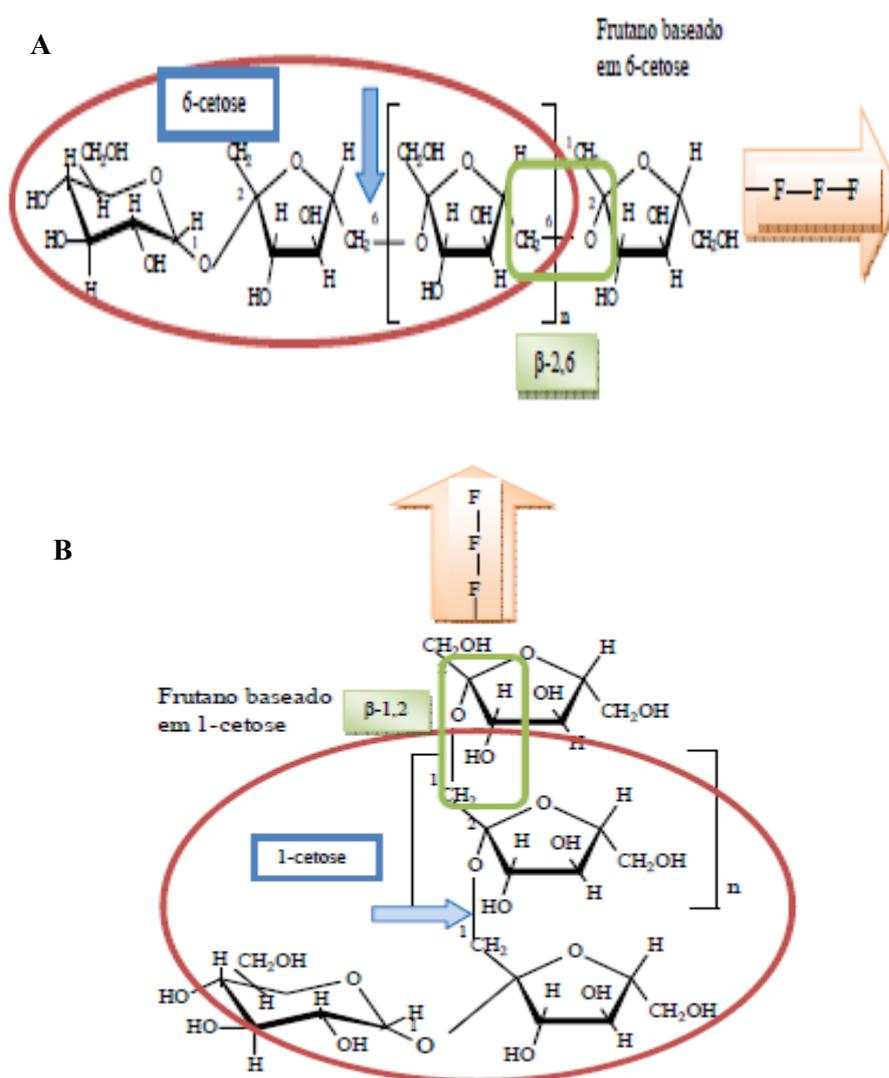
**Frutanos tipo Inulina**, baseada no trissacarídeo 1-cetose, apresentando ligações do tipo  $\beta$ -2,1 de ocorrência na família asteracea (ex.: *Helianthus tuberosus* L) (Figura 1-B).

**Frutanos com ligação mista**, ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -2,1 e  $\beta$ -2,6, com cadeia ramificada e glicose na ponta da cadeia, encontrados em liliáceas (ex.: *Bromus*, *Triticum*) (Figura 1-C).

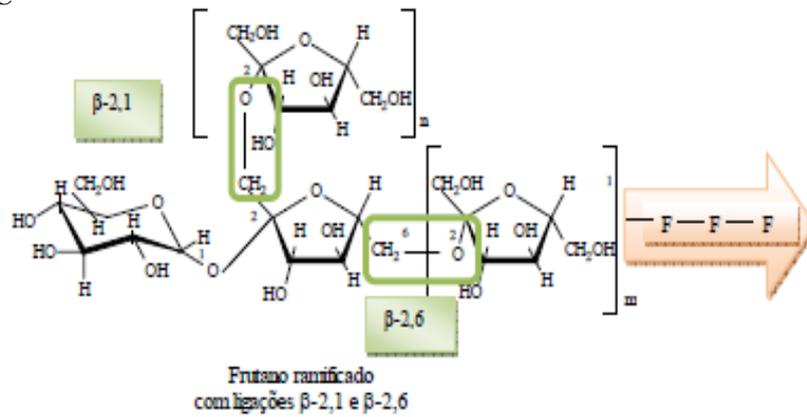
**Frutanos baseados na neocestose ou neosérie da inulina**, apresenta ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -2,1, encontrados em liliáceas (ex.: *Asparagus*, *Allium* e alguns membros das Poales) (Figura 1-D).

**Frutanos baseado em neocestose ou neosérie do levano**, apresenta ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -2,6, encontrados em liliáceas (ex.: *Avena*) (Figura 1-E).

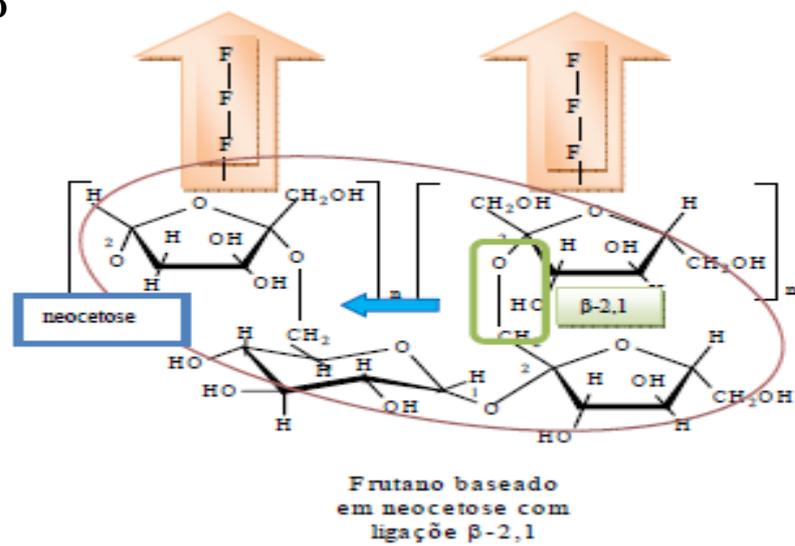
Figura 1: Diferentes tipos de frutanos, de acordo com a classificação de Pollock 1986.



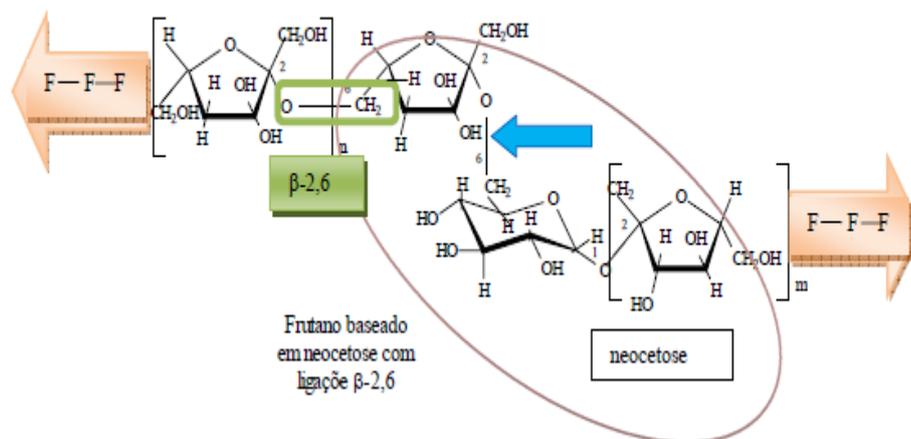
C



D



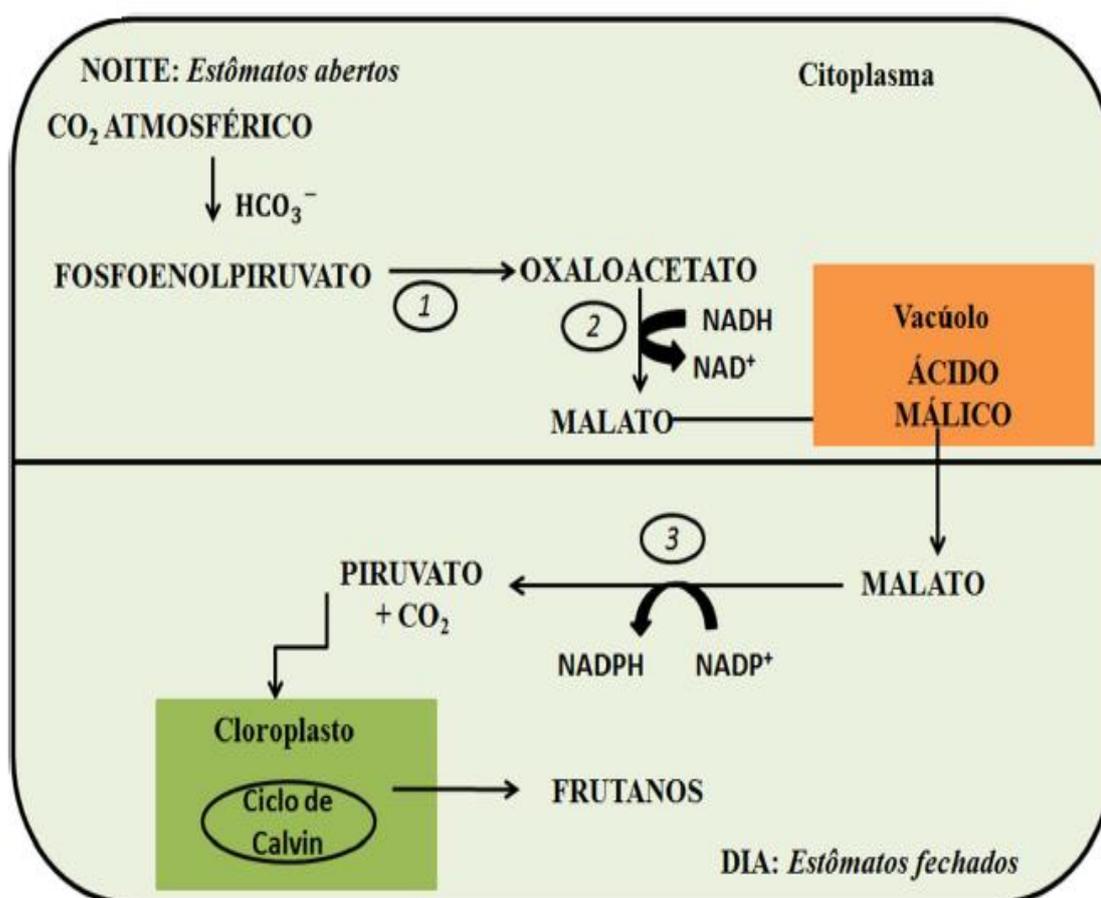
E



Fonte: CONTADO, 2009.

Frutanos são um dos principais produtos fotossintéticos do metabolismo ácido das crassuláceas (APOLINÁRIO, 2014), não se restringindo a essa família de plantas (Figura 2) (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Figura 2: Metabolismo do ácido das crassuláceas.



1-Ação da enzima fosfoenolpiruvato descarboxilase sobre fosfoenolpiruvato resultando em oxaloacetato. 2- Ação da malato desidrogenase que converte o oxaloacetato em malato que é transportado (APOLINÁRIO, 2014).

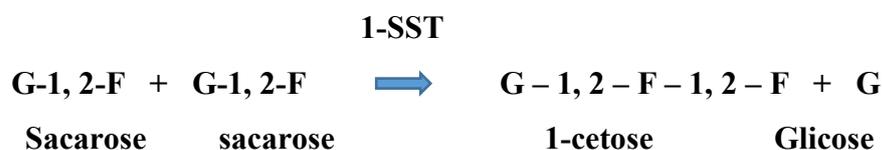
Em plantas os frutanos funcionam como carboidratos de reserva, estocados no vacúolo vegetal, podendo coexistir juntamente com o amido ou substituindo-o completamente. (FIGUEREDO-RIBEIRO, 1993). Podem ser encontrados em órgãos de reserva, como raízes tuberosas, rizóforos, tubérculos e bulbos e também em órgãos fotossintetizantes: folhas, caules, inflorescências e sementes (APOLINÁRIO, 2014; OLIVERA, 2012).

Estudos tem demonstrado que além de compostos de reserva os frutanos podem desempenhar outras funções fisiológicas específicas como restabelecimento de partes aéreas, ajuste osmótico e proteção de moléculas estruturais das células, mecanismos esses, relacionados a estratégias de resistência a condições ambientais adversas (ASEGA, 2007; JOAQUIM, 2013;

PORTES, 2005). Atuam também como crioprotetores (proteção contra o frio) em plantas expostas à baixas temperaturas (OLIVERA, 2012 apud Hendry & Wallace, 1993) e osmoprotetores (proteção osmótica) em plantas que suportam longos períodos de seca e altas temperaturas (FIGUEREDO-RIBEIRO, 1993).

Os frutanos ocorrem em plantas de regiões tropicais de clima semiárido ou úmido, com regime de chuvas bem definido e sazonalidade. Estão presentes em 15% das angiospermas, como também em algas, fungos, briófitas e bactérias, porém não se tem relato de sua ocorrência em pteridófitas e gimnospermas (FIGUEREDO-RIBEIRO, 1993; ASEGA, 2007).

Segundo o modelo proposto por Edelman & Jefford (1968), para o metabolismo de frutanos em tubérculos de *Helianthus tuberosus*, duas enzimas frutossiltransferase atuam na síntese de frutanos da série da inulina: a **sacarose: sacarose 1-frutossiltransferase (1-SST)**, que catalisa a transferência de unidade frutossil de uma molécula de sacarose para outra, formando o trissacarídeo 1-cetose, e liberando uma molécula de glicose, que após a fosforilação será novamente utilizada na síntese de sacarose, sendo essa uma reação irreversível. Enzima essa específica para a sacarose (EDELMAN & JEFFORD, 1968).



A **frutano: frutano 1-frutossiltransferase (1-FFT)**, é a responsável pelo alongamento da cadeia de frutanos, catalisando a transferência reversível de resíduos terminais de frutose de uma molécula doadora com grau de polimerização  $\geq 3$  para outra molécula de frutano ou de sacarose receptora, resultando em moléculas com comprimentos de cadeias variáveis. Reversível pôr a enzima também atua na redistribuição das unidades de frutose, promovendo a diminuição do comprimento da cadeia. Diferenças na afinidade da 1-FFT pelo substrato doador e receptor resultam em um padrão diferente nas moléculas de inulina (EDELMAN & JEFFORD, 1968).



A despolimerização das moléculas de frutanos é catalisada pela enzima frutano-exohidrolase (1-FEH), que hidrolisa de forma exolítica a unidade de frutose terminal da cadeia

de frutano. Não atuando sobre ligações glicosídica da sacarose, seus principais produtos são a frutose livre e a sacarose. E além das 1-SST e da 1-FFT, outras enzimas também podem atuar na biossíntese de frutanos como a sacarose:frutano 6-frutossiltransferase (6-SFT) e frutano:frutano 6G-frutossiltransferase (6G-FFT) (EDELMAN & JEFFORD, 1968).

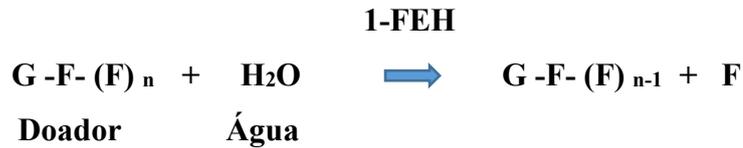
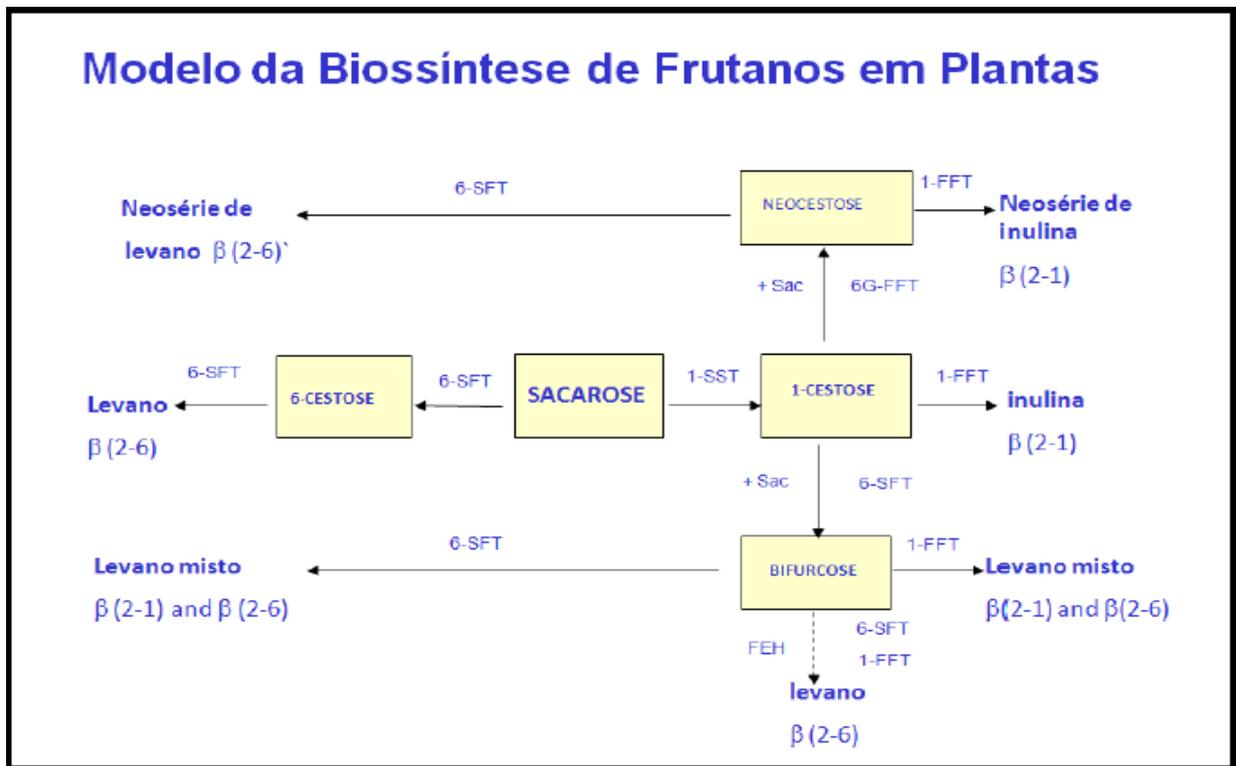


Figura 3: Modelo da biossíntese de frutanos em plantas e enzimas envolvidas.

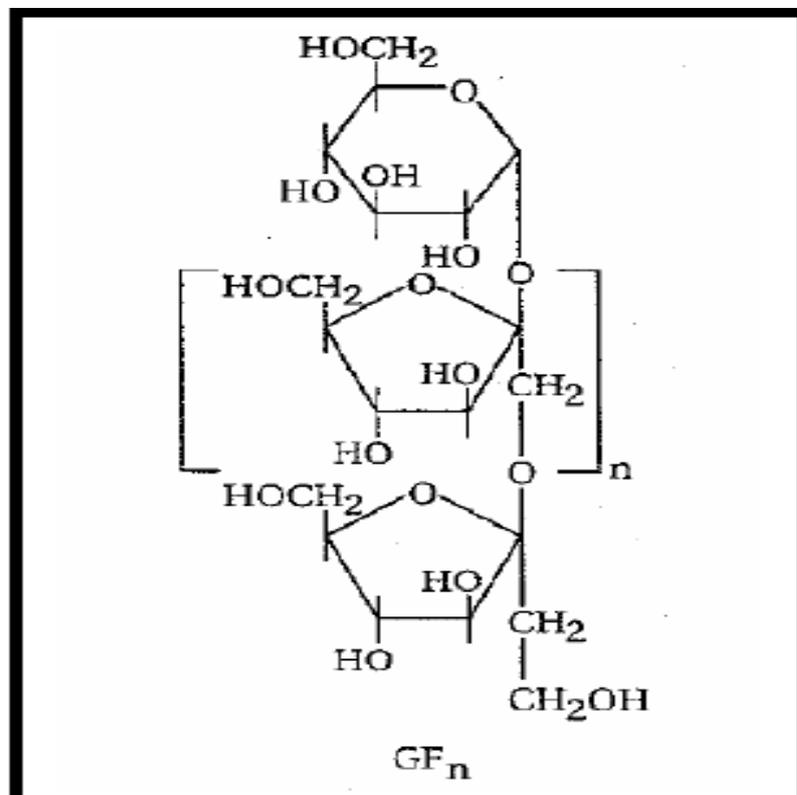


Fonte: TREVISAN, 2011.

## 2.2 INULINA

É uma macromolécula linear, constituída de polímeros e oligômeros superiores de frutose, ligados por ligações do tipo glicosídicas  $\beta$  (2-1), contendo uma molécula de glicose terminal, que apresenta ligação do tipo  $\alpha$  (1-2), igual a encontrada na molécula de sacarose (Figura 4). É descrita pela fórmula  $GF_n$ , onde respectivamente  $G$ = molécula de glicose,  $F$ = molécula de frutose e  $n$ = número de unidades de frutose que se repetem (Figura 4) (ROBERFROID, 1993).

Figura 4: Estrutura química da inulina.



Fonte: ROMANO, 2012.

É um polissacarídeo de origem vegetal, que como a maioria dos frutanos desempenham a função de agir como carboidrato de reserva nas plantas. Estando amplamente distribuído na natureza, podendo ser encontrada em mais de 30.000 produtos de origem vegetal, em uma grande diversidade de plantas, inclusive em algumas que são utilizadas na alimentação básica humana, como frutas e vegetais (Tabela 1) (HAULY & MOSCATTO, 2002).

**Tabela 1:** Inulina (% do peso fresco) em plantas utilizadas na alimentação humana.

<b>Nome popular da Plantas</b>	<b>Nome científico da Plantas</b>	<b>Parte comestível da Planta</b>	<b>Inulina peso fresco %</b>
<b>Alcachofra</b>	<i>Cynara scolymus</i>	Folhas centrais	3-10
<b>Alcachofra- Jerusalém</b>	<i>Helianthus tuberosus</i>	Tubérculo	16-20
<b>Alho</b>	<i>Allium sativum</i>	Bulbo	9-16
<b>Alho-porró</b>	<i>Allium ampeloprasum L.</i>	Bulbo	3-10
<b>Barba de bode</b>	<i>Aristida pallens var</i>	Folhas	4-11
<b>Banana</b>	<i>Musa spp</i>	Fruta	0,3-0,7
<b>Cebola</b>	<i>Allium cepa L.</i>	Bulbo	2-6
<b>Centeio</b>	<i>Secale cereale L.</i>	Cereal	0,5-1
<b>Cevada</b>	<i>Hordeum vulgare L</i>	Cereal	0,5-1,5
<b>Chicória</b>	<i>Cichorium intybus L.</i>	Raiz	15-20
<b>Dente de leão</b>	<i>Taraxacum officinale</i>	Folhas	12-15
<b>Yacon</b>	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Raiz	3-19
<b>Trigo</b>	<i>Triticum spp</i>	Cereal	1-4

Fonte: Adaptado de HAULY & MOSCATTO, 2002.

A inulina, após a extração e secagem, geralmente apresenta-se como um pó branco, amorfo, hidróscopico, de cor e sabor neutro, densidade de 1,35 e peso molecular de 1.600 g.mol<sup>-1</sup>. A solubilidade em água varia em relação a temperatura sendo de 6% estando a 10°C e de 35 a 90°C. Em relação a capacidade de ligação com a água e de 2:1, ou seja, 2 moléculas de água para cada uma de inulina (HAULY & MOSCATTO, 2002).

Organismos produtores de inulina apresentam enzimas hidrolíticas denominadas inulases, capazes de clivar ligações do tipo  $\beta$  (2-1), presentes na inulina. Com a hidrólise são liberadas as moléculas de frutose e glicose. Os seres humanos por não possuírem essas enzimas acabam não sendo capazes de digerir essas moléculas. Sendo assim quando nos alimentamos com esse composto, eles tendem a passar intactamente na porção superior do trato gastrointestinal, chegando inteiramente ao nível do colo, onde então serão degradados por ação de bactérias fermentadoras. A passagem da inulina pelo trato digestivo facilita o trânsito intestinal. Essa característica enquadra as inulinas na categoria de fibra alimentar solúvel (ROBERFROID, 2005).

A inulina contribui para o fortalecimento e crescimento da flora bacteriana intestinal, principalmente o grupo dos probióticos, bifidobactérias. (Flora *Bifidus*) e lactobacilos. Experimentos *in vivo* de acompanhamento do trânsito da inulina em seres humanos observou-se uma progressiva queda no pH do meio de cultura (pH ~ 1,5 unidade após 12 h), o que indica fermentação pelas bifidobactérias, além do crescimento mais rápido de culturas puras de várias espécies de bifidobacterium em relação a outras bactérias intestinais (ROBERFROID, 1998).

As bifidobactérias tem função, antimicrobianas, na modulação do sistema imune, inibição do crescimento de bactérias nocivas e contribuir para absorção de minerais benéficos, à saúde e ao bem-estar do hospedeiro. Por essas caracterizações, os frutanos podem ser classificados como Prebiótico (OLIVEIRA et al., 2004).

Segundo estudo com voluntário foi descoberto que a ingestão de frutanos reduz triacilgliceróis e colesterol sérico como LDL em voluntários hiperlipidêmicos (HAULY & MOSCATTO, 2002).

O consumo diário da mistura de frutanos do tipo inulina podem influenciar positivamente no aumento e absorção de cálcio, dependendo da idade cronológica e fisiológica, e do estado menopausa dos indivíduos saudáveis que consomem quantidades adequadas de cálcio (CAPRILES & ARÊAS, 2012). Como também no controle da glicemia em pacientes diabéticos (ALBUQUERQUE & ROLIM, 2011) e metabolismo lipídico humano diminuído o colesterol total (HAULY & MOSCATTO, 2002).

Quanto aos efeitos da inulina em relação a glicemia em humanos o resultado tem-se demonstrado mais conflitantes, tendo sua ação na diminuição dependente das condições fisiológicas do indivíduo e da quantidade de inulina ministrada na dieta (HAULY & MOSCATTO, 2002).

Frutanos tipo inulina, podem ser utilizados amplamente pela indústria alimentícia, na produção e enriquecimento dos alimentos, por ser um ingrediente que oferece combinação única de propriedades funcionais e tecnológicas a saúde dos seres humanos (PIMENTEL, GARCIA, PRUDENCIO, 2012).

Entre as diversas fontes de frutanos podemos destacar sua presença em *Agave sisalana* (APOLINÁRIO, 2014).

### 2.3 AGAVE SISALANA PERRINE

A ordem Asparagales é caracterizada por apresentar a testa da semente obliterada ou com uma crosta preta e carbonácea de fitomelano, e a parte interna totalmente colapsada. Essa ordem é composta por 14 a 25 famílias, das quais podemos citar a família Asparagaceae, (família do aspargo e do agave), que apresentam ervas rizomatosas a arbustos, ou lianas com caules reduzidos, folhas alternas e espiraladas, venação inconspícua (de difícil visão) e estípula ausente. As flores são bissexuais ou unissexuais. O fruto é geralmente uma baga com poucas sementes. (JUDD et al., 2009).

*Agave sisalana* Perrine popularmente conhecida como sisal, é uma espécie xerófito de grande resistência a períodos de seca prolongados e altas temperaturas, graças ao seu maquinário fotossintético do tipo CAM (Metabolismo ácido das crassuláceas) (SANTO, 2014).

As plantas CAM se destacam por sua alta eficiência no uso da água, na qual apresentam a capacidade de abrir os estômatos durante a noite para assimilar CO<sub>2</sub>, e fechar durante o dia para minimizar a perda de água por evaporação e conseqüentemente a entrada de CO<sub>2</sub>. Porém o CO<sub>2</sub> assimilado durante a noite é convertido, a oxalacetato via carboxilação do fosfoenolpiruvato e então reduzido a malato que será estocado em vacúolos para a sua utilização durante o dia (TAIZ & ZEIGER, 2009) (Figura 2).

*Agave sisalana* é uma planta acaulescente, ou seja, desprovida de caule aéreo, possui um tronco do tipo pseudocaule (falsos caules), sobre o qual origina a sustentação das folhas e brotos terminais. Esse que pode chegar a 1,20 m de altura e 20 cm de diâmetro, sendo coberto por uma casca lignificada que serve para dar sustentação as folhas, tendo também função de órgão de armazenamento (Figura 5) (SILVA et al., 2008).

As folhas são rígidas, suculentas, com formato de lança, pecíolos ausentes (sesseis, ligadas diretamente ao tronco), de cor verde escuro, comprimento variando entre 1,20 e 1,60cm e 10 a 15 cm de largura, a superfície tem formato côncava, espinhos ausentes nas bordas, com apenas uns espinhos pontiagudos no ápice, inserção da folha no pseudocaule em forma espiral, formando rosetas (Figuras 5 e 6-A). A planta pode produzir entre 200 a 250 folhas durante o ciclo, com frequência de mais de 100 folhas intercaladas em um caule curto (BARTELS, 2007; SILVA et al., 2008).

Figura 5-*Agave sisalana* Perrine.

Fonte: Autor

A epiderme da folha apresenta uma cutícula (camada de material graxo, *cutina*, mais ou menos impermeável, presente na parede externa das células epidérmicas das partes aéreas das plantas) cerosa, que repele a água, os estômatos são distribuídos de maneira contínua. Internamente, a folha contém um tecido de células paliçádicas e logo abaixo destas, encontra-se o parênquima, que é um tecido esponjoso, onde se localizam as fibras. Os fios das fibras são formados por células fusiformes (extremidades mais estreitas que o centro), fortemente compactadas, com 3 mm de comprimento e 20 a 30 micra de diâmetro; são poligonais em corte transversal e apresentam paredes grossas e lúmen pequeno arredondado (SILVA et al., 2008).

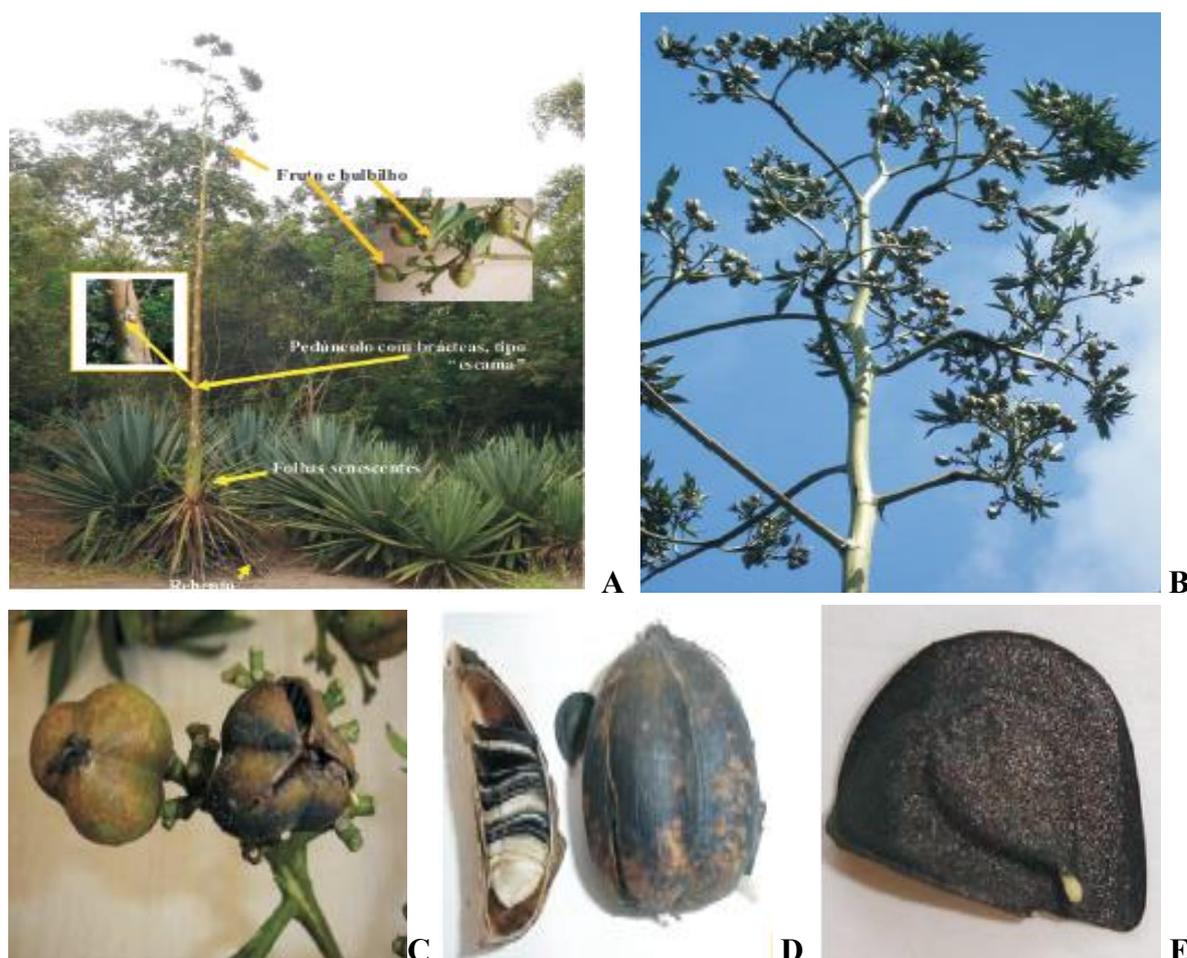
Os rizomas situam-se na base da planta, abaixo do nível do solo, sendo caules subterrâneos de cor branca, com pequenos primórdios foliares constituídos por uma fina camada de lignina. E a partir do segundo a terceiro ano vegetativo da planta, os rizomas darão origem a uma nova planta, chamada "rebento" (Figura 5) (SILVA et al., 2008).

O sistema radicular é composto por estruturas fasciculadas, fibrosas que emergir da base do pseudocaule, possuindo dois tipos de raízes. Fixadoras, responsáveis pela função de sustentar e fixar a planta no solo, e as raízes alimentadoras responsáveis pela absorção de água e nutrientes presentes nas soluções aquosas do solo. Porém quando a planta começa a entrar em

senescência (envelhecimento), as raízes alimentadoras tendem a começar a morrer (SILVA et al., 2008).

Quando a planta está próxima do florescimento, irradia um pedúnculo floral de 6 a 8m de altura, a partir do ápice caulinar, pedúnculo esse que contem ramificações, onde vão se originar os grupos de flores (Figura 6-A) (CINIP, 2012; BARTELS, 2007; SANTOS, 2014).

Figura 6- Estruturas da *Agave sisalana* Perrine.



A- Pendão floral apresentado frutos e bulbilhos, B - Pedúnculo com brácteas tipo escama, C-Frutos em estágio de maturação com início de abertura da deiscência para dispersão de sementes, D-fruto seco, E- semente de sisal.

Fonte: Gondim & Souza (2009).

As flores são monocarpas (florescem apenas uma vez), hermafroditas, verde-amareladas, agrupadas em cachos situados na porção terminal de cada ramo da panícula. Por se tratar de uma monocotiledônea, a planta apresenta apenas uma única floração no ciclo vegetativo, que ocorre entre os 8 a 10 anos, morrendo subsequentemente (CINIP, 2012; BARTELS, 2007; SANTOS, 2014).

Os bulbilhos (plantas em miniatura), desenvolvem-se após a queda das flores sobre a panícula, são formados por tecido meristemático apresentando tamanho de 6 a 10 cm de comprimento, possuído de 6 a 8 folhas e pequenas raízes adventícias, que se desprendem da planta geralmente após os três meses, onde posteriormente servirão de órgão de propagação de novas plantas (Figura 6-B) (SILVA et al., 2008).

Os frutos são pouco conhecidos pelos produtores nordestinos, estudantes e técnicos, decorrente da sua rara emissão pela planta. Apresentam formato de capsula, oblonga (oval ou então elíptico), trilocular, de pericarpo rígido, medindo 3 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro, de cor verde (figura 6-C), de consistência carnosa nos estágios iniciais. O amadurecimento ocorrendo seis meses depois que a flor é polinizada quando adquirir coloração preta (Figura 6-D) (GONDIM & SOUZA, 2009).

As sementes ficam localizadas no interior dos lóculos da cápsula, sendo delgadas, com formato redondo-triangular ou semicircular, com tamanho variando de 8 a 14 mm, podendo ser encontradas nos frutos verdes ou maduros, essas podem apresentar coloração branca (sementes estéreis) ou mais raramente preta lustrosa (sementes férteis) (Figura 6-D e E) (SILVA et al., 2008, GONDIM & SOUZA, 2009).

*Agave sisalana* é uma planta oriunda da península de Yucatán no México, atualmente distribuída por várias regiões tropicais e subtropicais do mundo como em regiões dos continentes africano, americano e asiático. Tendo destaque para países como China, Brasil, Venezuela alguns países africanos (Tanzânia, Quênia e Uganda entre outros). Além de algumas ilhas como Havaii, Caicos e Java (CINIP, 2012; CONAB, 2015).

Teve sua introdução no Brasil por meados de 1903 no estado da Bahia, nos municípios de Madre de Deus e Maragogipe, trazidos da Flórida provavelmente por uma empresa americana. Porém só por meados de 1939 foram produzidas as primeiras plantações no Brasil em campos de experimentação (SANTOS, 2014; SECTI, 2007).

A produção no Brasil, encontra-se em sua grande maioria nas pequenas propriedades latifundiárias de produção familiares, com utilização de equipamentos e métodos arcaicos de produção, essa destinada a obtenção de fibra duras a serem utilizadas na indústria têxtil. A fibra é obtida após o desfibramento das folhas, com a utilização de equipamentos "raspadores ou raladores", conhecidos também como "motor paraibano", equipamentos esse que foram introduzidos em 1950 até hoje se consolida como a máquina mais difundida nos sisalais, pelo seu pequeno porte, fácil manuseio e baixo valor monetário (SECTI, 2007). A fibra obtida é de grande importância por ser biodegradável, atóxica, renovável e ótima substituinte da fibra sintética (NETO, 2012). Sendo utilizadas na produção de aniagem (tecidos grossos e sacos), na

fabricação de cabos, cordas, cordões, barbantes, tapetes, móveis, vassouras e muitas outras (CNIP, 2012). A matéria-prima celulósica podendo ser empregada na produção de papeis especiais (papel para cigarros), filtros, absorventes higiênicos e fraldas (AZZINI et al., 1989).

Segundo dados da CONAB (2015), o Brasil é considerado o maior produtor e exportador de fibras de sisal do mundo, sendo responsável por mais de 68% da produção mundial, injetando mais de US\$123,9 milhões de dólares na economia nacional em 2015. Sendo destinada 80% da produção nacional para a exportação gerando uma renda bruta de 500 milhões. Que beneficia 400 a 500 mil pessoas direta e indiretamente em mais de 140 municípios do Nordeste Brasileiros. Durante os anos de 1943 a 1976 a Paraíba se manteve como maior produtor e exportador de sisal no Brasil, posto esse perdido para a Bahia, que atualmente encontra-se como maior produtor de sisal, responsável por aproximadamente 95% da produção nacional (CONAB, 2012).

Da *Agave sisalana* o principal produto utilizado é a fibra bruta, que corresponde à aproximadamente 4% da folha, sendo descartado os resíduos sólido e líquidos, que correspondendo 16% e 80% respectivamente (Figura 4) (ANDRADE, ORNELAS, BRANDÃO, 2012).

Figura 7- Beneficiamento do *Agave sisalana* para obtenção de fibra, no município de pocinhos-PB, com destaque para o resíduo descartado no processo.



Fonte: APOLINARIO, 2014.

A planta possui cerca de 29,2% de fibra bruta, 5,3% de proteínas, 3,1% de lipídios, 13,1% de cinzas e 21,2% de carboidratos (SILVA et al., 1999).

No sumo das folhas encontraram-se teores de, 93,73% de água, 1,4% de cinza, 11,56% de proteína bruta, 8,7 mg/g de inulina e 1,11% açúcar total solúvel (SHARMA & VARSHNEY, 2012).

As fibras são constituídas de 65,8 a 73% de celulose, 12 a 13% de hemicelulose, 9,9 a 11% de lignina e de 0,8 a 2% de pectina (MEDINA, 1954<sup>a</sup>; MWAIKAMBO E COLABORADORES 2002).

Os metabólitos secundários que foram identificados consistem em saponinas esteroidais, presentes na raiz, tubérculo, casca e folhas, presentes em concentrações relacionadas a o estágio evolutivo da planta (DOMINGUES, 2008).

Tanto as folhas como o caule apresentam ampla quantidades de açúcares, fenóis e flavonóides em seu resíduo líquido, alcançando totais de 250-794 mg/g de matéria seca no caule, tendo destaque para o frutano tipo inulina por ser um dos carboidratos mais importantes para a planta e pelo seu vasto potencial (NASCIMENTO, 2014).

Os resíduos do processo de desfibramento, podem ser utilizados, na produção de bioinseticida e bioherbicida, biomassa para os fornos das padarias e cerâmicas, alimentação de ruminantes (PIZARRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2012); como na produção de pectato de sódio e cera (SILVA et al., 2008). Pode se aproveitar ainda a floral da planta (varas de pendão), na produção de coberturas de casas e na construção de cercas e a seivas das folhas apresentam hecogenina, composto usado na síntese parcial da droga cortisona (SILVA et al., 2008).

A utilização dos resíduos líquidos de *Agave sisalana* adquiridos a custo zero por ser uma matéria que seria descartada, para a produção de inseticida menos tóxica para o meio Ambiente e de menor custo, podendo ser utilizado como larvicida para *C. quinquefasciatus* (PIZARRO et al., 1999).

O uso de suco da *Agave sisalana* foi testado no combate a larvas infectantes de nematoides nematódeos gastrintestinais *in vitro* em caprinos, no qual obteve resultados que demonstraram redução dos nematoides e eficácia anti-helmíntica (ação que destrói ou expulsa os vermes intestinais) (DOMINGUES, 2008).

Os resíduos de *Agave sisalana* após o desfibramento pode ser utilizado para a alimentação de ruminantes como bovinos, ovinos e caprinos, sendo esse *in natura*, na forma de feno ou silagem (SILVA et al., 2008). E a utilização dos bulbilhos, o pseudocaule e o pó da bateadeira como opções a serem utilizadas como fontes energéticas na alimentação de ruminantes (BRANDÃO, 2011).

O resíduo do desfibramento de *Agave sisalana*, isolados (sem adição de outros materiais orgânicos) apresenta altas concentrações de macro e micronutrientes, e características químicas

e físicas, que o tornam potencial fonte agrônômico a ser utilizado como fertilizante orgânico em solos degradados ou em compostagem com outros materiais (OLIVEIRA, 2010).

Os resíduos deixados depois do desfibramento das folhas correspondem 95% da massa total que normalmente são descartados, resíduos esse que podem ter outras aplicações além da utilização de outras partes da planta, como caules e flora, partes essa da planta que usualmente são descartados após o processo de beneficiamento da planta, sendo essa grande fonte de matéria prima vegetal para a indústria (NASCIMENTO, 2014).

A literatura relata a presença de frutanos do tipo inulina em uma grande quantidade de espécies de *Agave* das quais podemos citar *Agave tequilana* (ARRIZON et al., 2010; SHARMA & VARSHNEY, 2012), *Agave americana* (RAMÍREZ, GÓMEZ-AYALA, JACQUES-HERNÁNDEZ, 2006) e *Agave salmiana* (GOMEZ et al., 2010). Sharma e Varshney (2012) indicaram também a presença de frutanos do tipo inulina como carboidrato de reserva em *Agave sisalana*, o qual perfaz quantidade significante do sumo da folha.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Extrair e quantificar frutanos de *Agave sisalana* Perrine a fim de contribuir para o conhecimento de seu potencial econômico.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

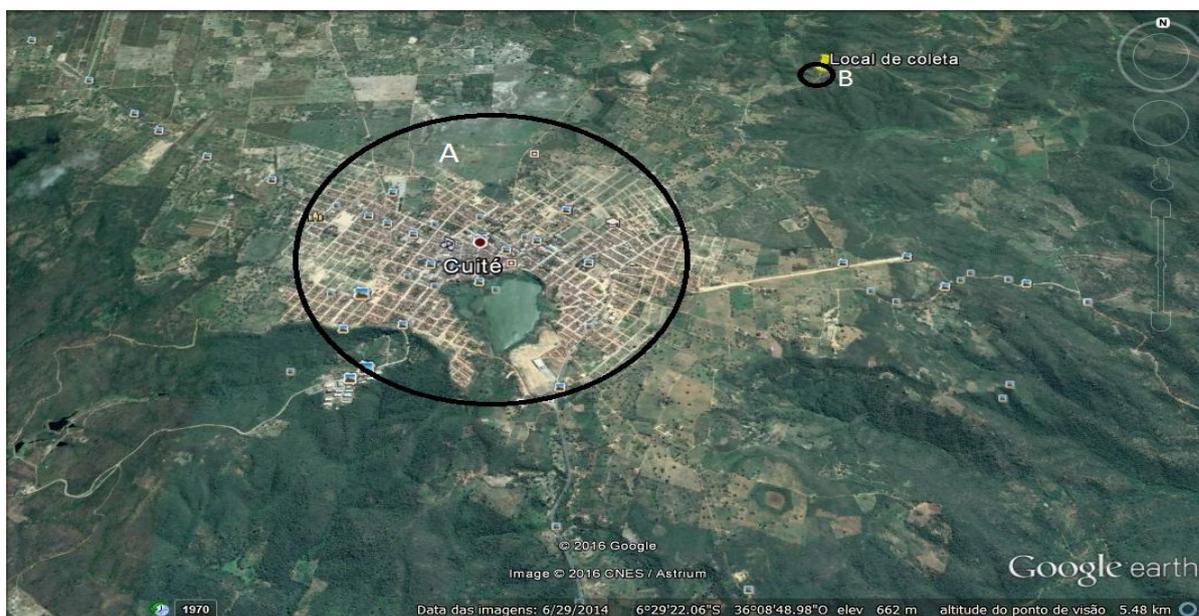
- Determinar os teores de frutanos presentes na folha e caule da planta *Agave sisalana*;
- Comparar as quantidades de fruto-oligossacarídeos e fruto-polissacarídeos obtidos nos órgãos em estudo em relação ao que é apresentado na literatura;
- Apontar novos valores econômicos a cultura do *Agave sisalana*;
- Realizar uma breve revisão sobre frutanos de *Agave sisalana*.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL

As coletas foram realizadas em um campo de agave dentro do sítio Barreiros (com Latitude - 6°28'2.36"S, Longitude- 36° 8'6.64"O) localizado a 3 Km da malha urbana de Cuité-PB (Figura 8 A e B).

Figura 8. A- Malha urbana de Cuité-PB, B-Sítio Barreiro.



Fonte: Google Earth.

Figura 9- Campo de Agave onde ocorreram as coletas no sítio Barreiros.



Fonte: Google Earth.

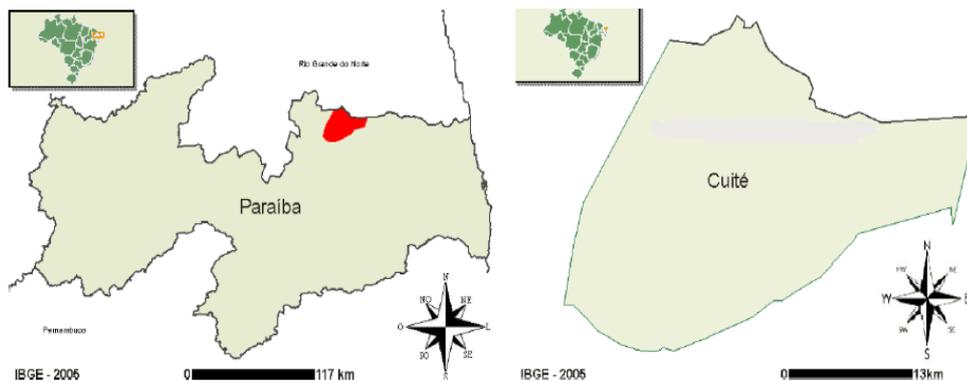
Figura 101- Visão do campo de Agave onde ocorreram as coletas no sítio Barreiros



Fontes: Autor.

O município de Cuité localiza-se na região centro-norte do estado da Paraíba, Mesorregião Agreste Paraibano e Microrregião Curimataú Ocidental a 235,1 km da capital do estado João Pessoa e a 9 km do limite com o estado do Rio Grande do Norte. Limitando-se com os municípios de Cacimba de Dentro, Damião e Barra de Santa Rosa ao leste, Sossego e Barra de Santa Rosa ao sul e Nova Floreta, Picuí, e Baraúna a oeste. Compreendem uma área de 643,10 km<sup>2</sup>, e altitude de 667 metros acima do nível do mar, coordenadas de 814.471 NS e 9282.297 EW (MASCARENHAS, 2005) (Figura 9).

Figura 11-Localização do município de Cuité-PB.



Fonte: IBG, 2005.

O clima predominante é do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco, e estações chuvosas que vão de janeiro a setembro podendo se prolongar até outubro (MASCARENHAS, 2005), precipitação pluviométrica anual de 916,30 mm, média mensal de 76,35 mm e temperatura oscilando de 17° C a 28°C (SILVEIRA et al., 2014).

A fitofisionomia é caracterizada como Caatinga Arbórea e Arbustiva nas elevações e Caatinga arbustiva aberta nas partes baixas (MASCARENHAS, 2005).

#### 4.2 COLETA E TRANSPORTE DOS FRUTOS

As amostras foram coletadas em três etapas, a primeira na segunda quinzena de junho, a segunda na primeira quinzena de julho e a terceira na primeira quinzena de agosto de 2016, em cujos dias as temperaturas oscilaram entre 20 a 23 ° C. Levou-se em consideração para a coleta, a aparência sadia e formato uniforme da planta no intuito de obter amostras homogêneas. Após cada coleta, as amostras foram separadas em sacos plásticos e transportadas para o Laboratório de Bioquímica de plantas do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, onde foram submetidas a limpeza e higienização.

#### 4.3 HIGIENIZAÇÃO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Teve como finalidade descartar os possíveis contaminantes. No laboratório, as amostras foram higienizadas utilizando-se água corrente dessalinizada e, após, enxutas com papel toalha.

#### 4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS

As amostras de cada coleta foram selecionadas em plantas jovens e adultas com menos de 3 anos. Sendo utilizados três padrões (folhas jovens, folhas maduras e caule) com três plantas para cada padrão e três repetições cada.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

As amostras foram pesadas em balança analítica (Bel, modelo Mark 500), colocadas em placas de Petri e submetidas a secagem em estufa (Biopar modelo S250BA), a 70°C por 48 horas. Após a secagem foram novamente pesadas, para determinar a massa seca e o teor de água perdido.

#### 4.6 PARA A OBTENÇÃO DO SUCO

As amostras foram cortadas em pequenos pedaços equivalentes a 2g, e submetidos à maceração física em almofariz (Chiarotti-180) (Figura 11, A e B) com 10 ml de etanol 80%, até se obter o concentrado (Figura 11-B).

Figura 12-A e B maceração em almofariz.



Fontes: Autor

#### 4.7 EXTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS (FRUTANOS)

O concentrado foi submetido a extração de carboidratos segundo adaptação do método utilizado por Portes (2005). Para a primeira extração e inativação enzimática, utilizou-se 10 ml de etanol 80%, mantidas em banho-maria (Solab) a 80°C por 30 min (Figura 13-A), sendo então centrifugadas (Centribio, Modelo 80-2B, 240 ml) a 4000 RPM por 15 min (Figura 13-B). Os precipitados foram isolados em etanol 80% mais uma vez. Os sobrenadantes etanólicos foram reunidos e reservados. Os resíduos finais foram extraídos duas vezes em água a 60°C por 30 min e centrifugados por 15 minutos. Os sobrenadantes etanólicos e aquosos foram reunidos, concentrados e o extrato final submetido à precipitação a frio (overnight) com três volumes de etanol 80%, para separação das frações de fruto-oligo (sobrenadante) e fruto-polissacarídeos (precipitado) após centrifugação a 4000 RPM por 15 minutos. O sobrenadante, contendo a

fração de fruto-oligossacarídeos, foi concentrado, e o precipitado foi separado e secado em estufa a 70° C (Figura 13-C), para determinação das quantidades totais. Ver fluxograma do procedimento na figura 12.

Para determinação das quantitativas, foram submetidas à pesagem em balanças de precisão (Bel, modelo Mark 500) (Figura 13-D).

Figura 13-Fluxograma do processo de extração dos Frutano.

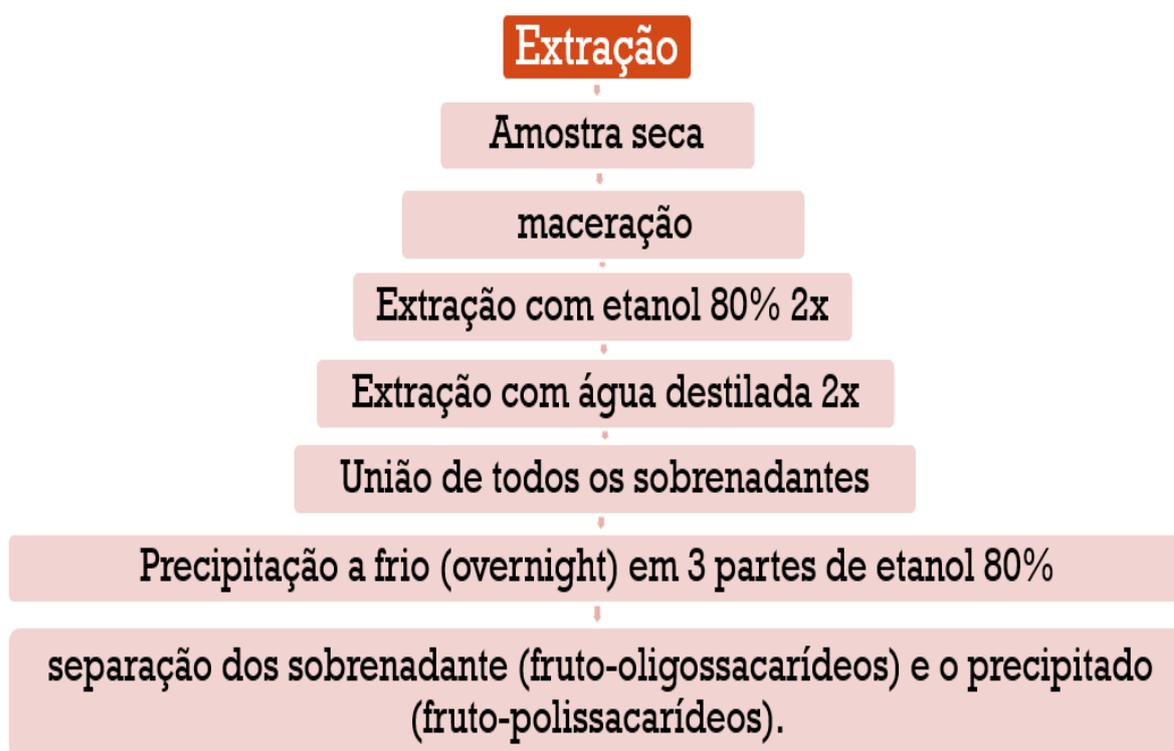
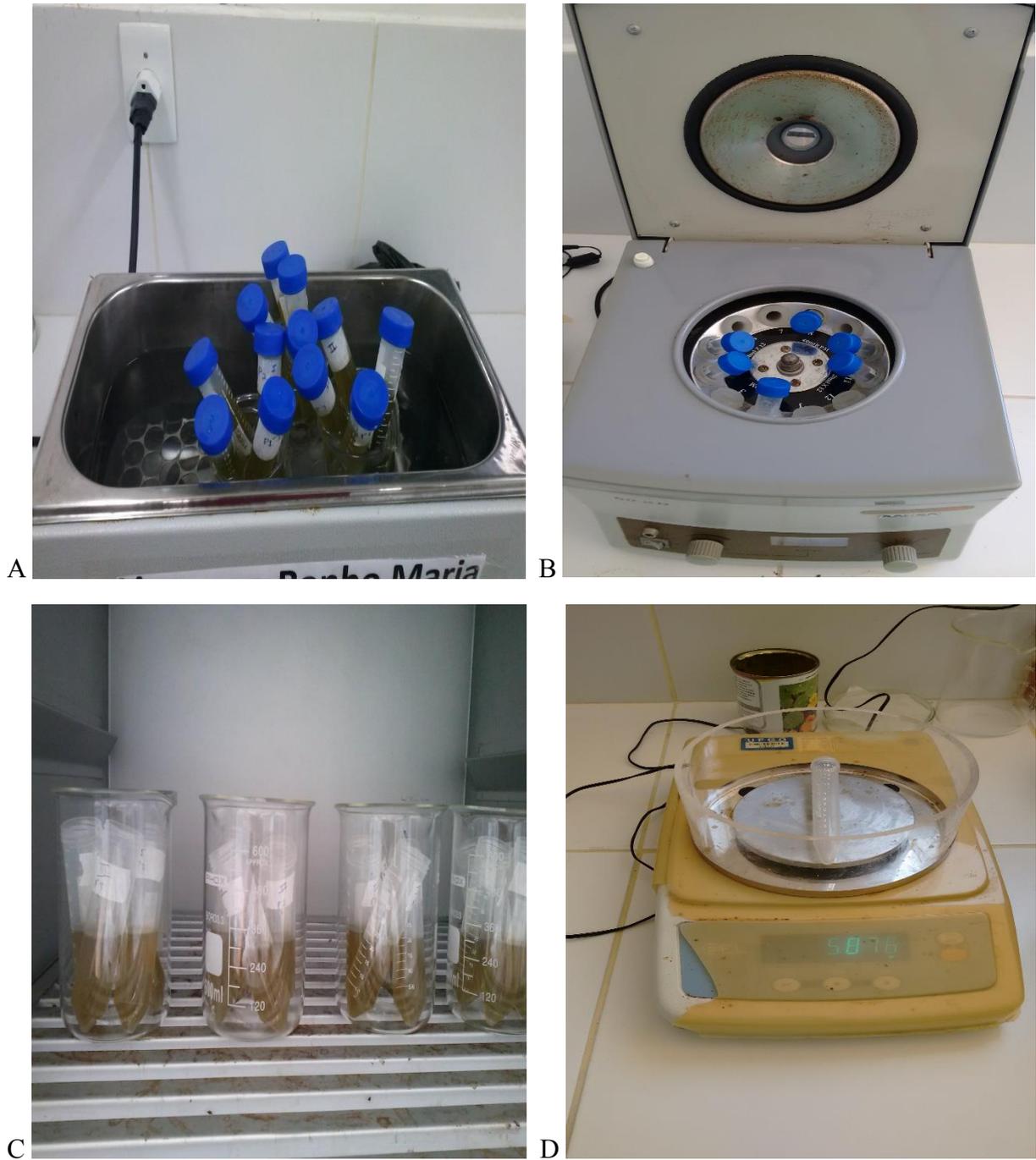


Figura 14- A- Extração em Banho Maria, B- Centrifugação, C- Secagem em Estufa, D- Pesagem em Balança de Precisão.

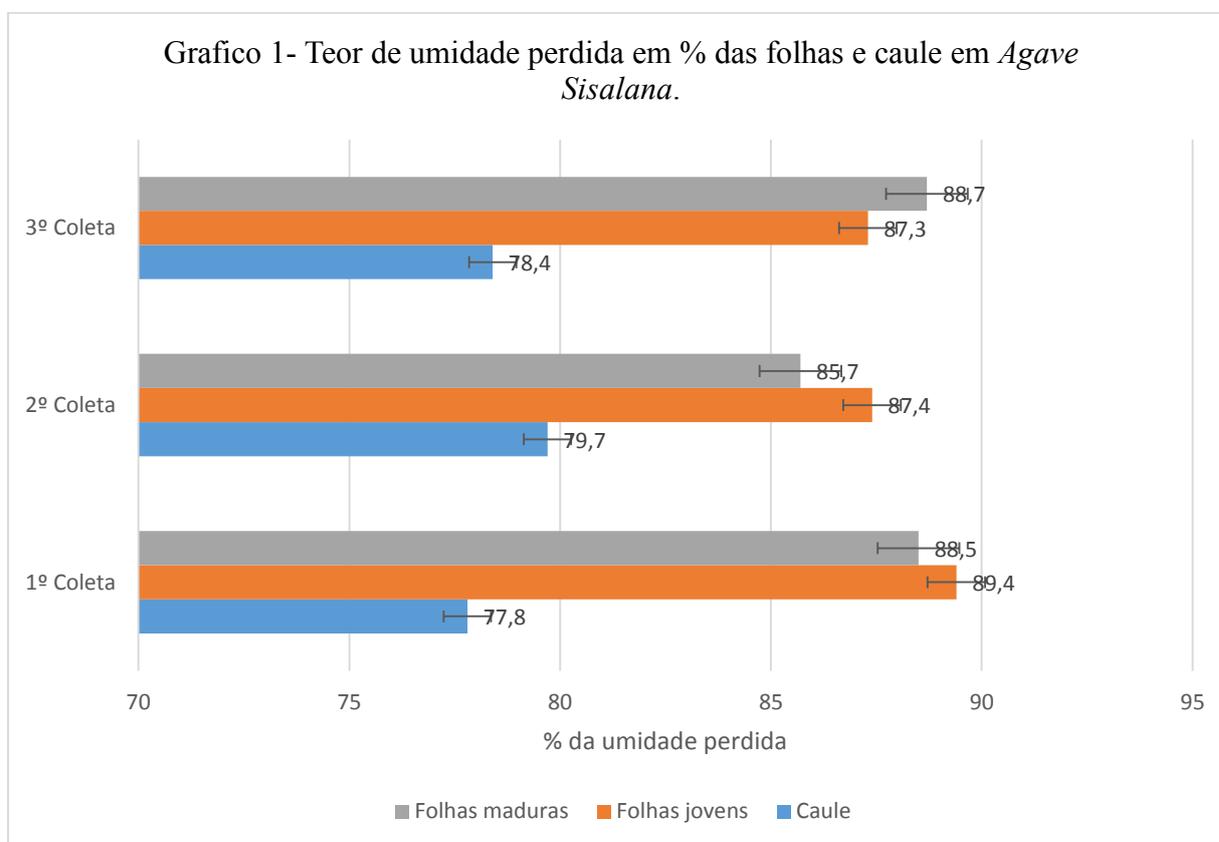


Fontes: Autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 RENDIMENTO MÉDIO DOS TEORES DE UMIDADE

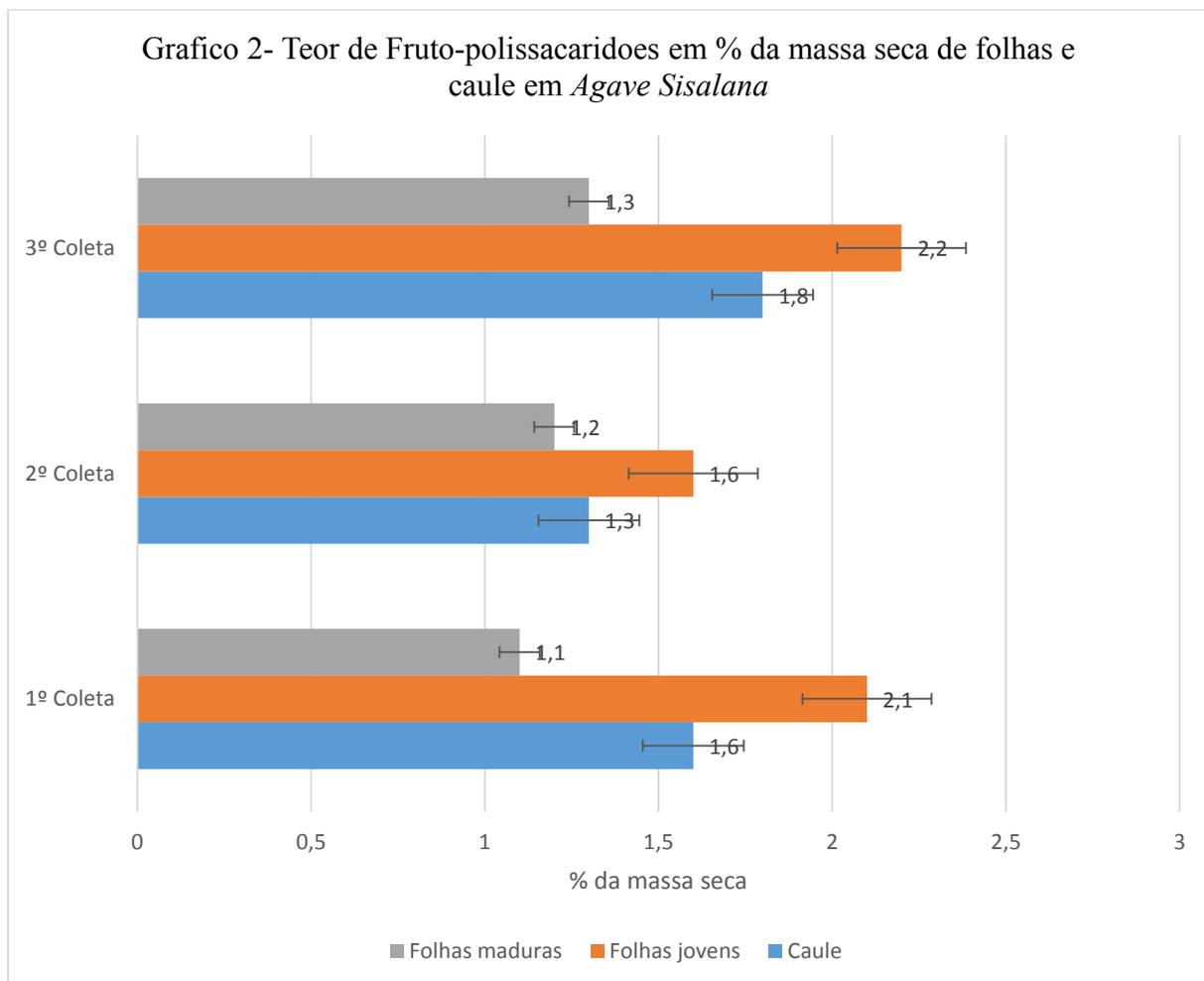
No gráfico 1- encontra-se descrito os resultados obtidos com a perda de umidade das amostras por secagem em estufa. Observa-se que a quantidade, perdida de água no caule foi menor que a das folhas, tendo destaque para as folhas jovens que apresentaram as maiores perdas de umidade.



As folhas de *Agave sisalana* que contém boa quantidade de água oscilaram entre 85,7% a 89,4%, com média de 87,8%, estando abaixo dos resultados encontrados por Sharma e Varshney (2012) = 93,7%. E acima dos encontrados por Moreira et al (1996) de 80 a 81% para o suco extraído das folhas.

## 5.2 RENDIMENTO MÉDIO DOS TEORES FRUTO-POLISSACARÍDEOS

No gráfico 2 encontra-se descrita a quantidade de fruto-polissacarídeos presentes nas folhas e caule de *Agave Sisalana*, o qual mostra que as folhas jovens apresentam os maiores percentuais.



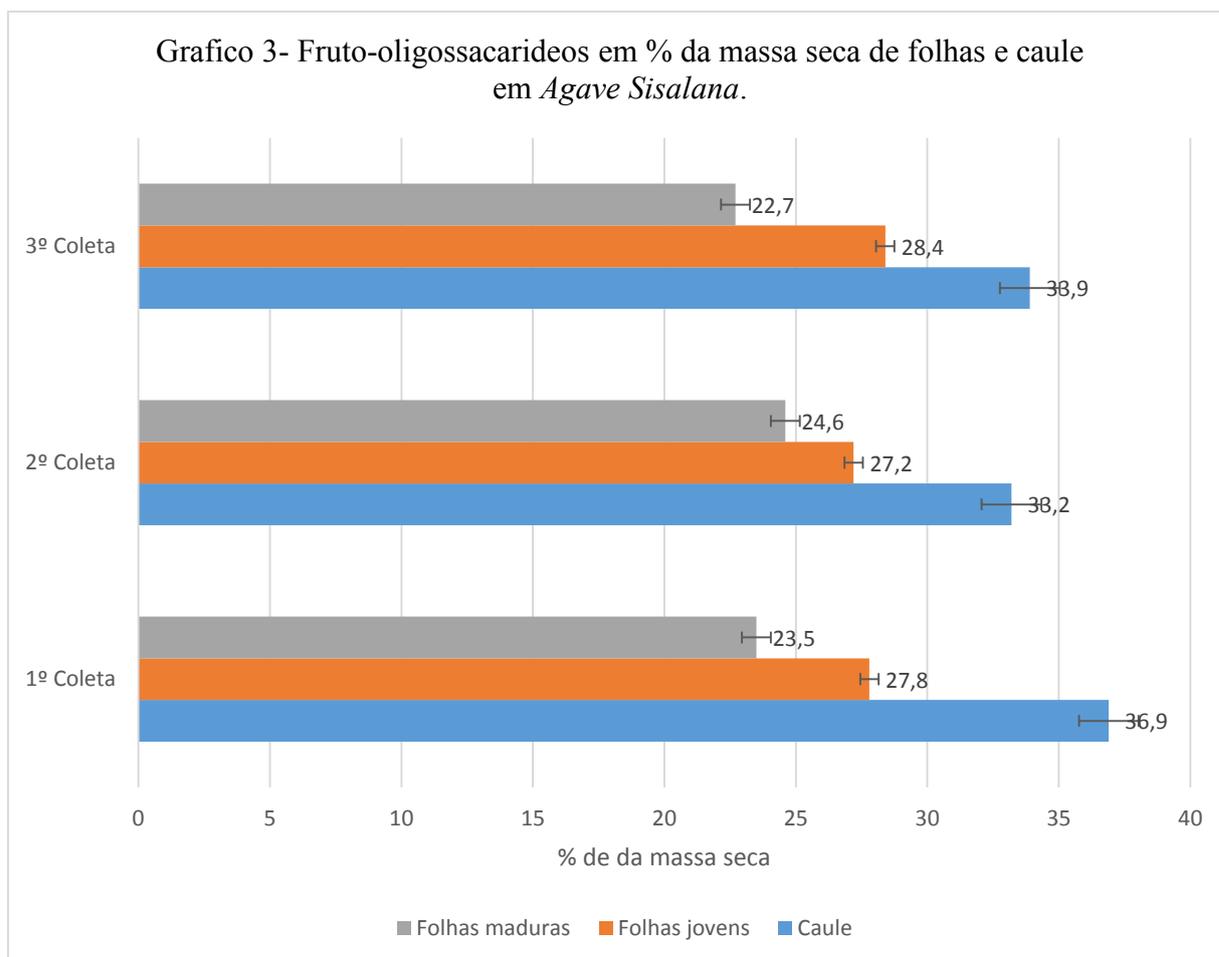
Os teores de fruto-polissacarídeos encontrados nas folhas jovens variou entre  $1,6 \pm 0,9$  a  $2,2 \pm 0,8$  %. Enquanto os encontrados nas folhas maduras ficaram entre  $1,1 \pm 0,8$  a  $1,3 \pm 1,0$  %. Porém o caule apresentou as menores quantidades com  $1,3 \pm 0,6$  a  $1,6 \pm 0,3$ %. Demonstrando que as folhas jovens apresentam quantidades maiores de fruto-polissacarídeos, de cadeias mais longas, e que as folhas maduras apresentaram quantidades menores, possivelmente pela maior produção de celulose. Frutanos de cadeias longas, tendem a ser mais viscosos e termoestáveis podendo ser utilizado como agente de consistência para produtos lácteos ou, quando colocada em

contato com água ou leite, tende a formar micro cristais que ao interagir, expressam textura suave e cremosa aos alimentos, assemelhando-se a gordura (GUGGISBERG et al., 2009; APOLINÁRIO, 2014; HAULY & MOSCATTO, 2002).

As concentrações mais altas de fruto-oligo e fruto-polissacarídeos nas folhas mais jovens também podem indicar a mobilização (fonte dreno) para esta durante o crescimento das folhas.

### 5.3 RENDIMENTO MÉDIO DOS TEORES FRUTO-OLIGOSSACARÍDEOS

No gráfico 3 - encontra-se descrito as quantidades de fruto-olissacarídeos presentes nas folhas e caule de *Agave Sisalana*, onde observa-se que as quantidades mais altas correspondem a região caulinar.



A região caulinar apresentou os valores mais altos de fruto-oligossacarídeos com valores entre  $33,2 \pm 4,0$  a  $36,9 \pm 6,2$  % da massa seca. Enquanto que para as folhas foi encontrado valores entre  $27,2 \pm 5,1$  a  $28,4 \pm 8,9$  % para as folhas jovens e  $23,5 \pm 8,1$  a  $24,6 \pm 3,9$  % para

as folhas maduras, indicado que o caule de *Agave Sisalana* como potencial fonte de frutanos de cadeias curtas, os quais apresentam-se mais solúveis e doces do que os de cadeia longa, assemelhando-se a sacarose e com valor calórico mais baixo 1-2 Kcal/g, e com alto valor edulcorantes (30-35%) tornando-se um possível substituintes para o açúcar na fabricação de alimentos (GUGGISBERG et al., 2009; APOLINARIO, 2014; HAULY & MOSCATTO, 2002).

Os valores encontrados em folhas demonstram que as concentrações mais altas de fruto-oligossacarídeos estão presentes nas folhas mais jovens, indicando a mudanças de concentrações em função da idade, resultados essas semelhantes aos encontrados em folhas de *Agave tequiliana* (ARRIZON ET AL., 2010).

#### 5.4 RENDIMENTO MÉDIO DOS FRUTANOS EM *A. SISALANA*

Os valores encontrados para os percentuais de frutanos em folhas e caule de *Agave sisalana*, como pode ser observado na tabela 2, onde se destaca o caule da planta, com quantidade bastante significativa de fruto-oligossacarídeos  $0,167 \pm 0,036$  ml/g, perfazendo uma quantidade de 8,3 % da massa fresca, e folhas jovens com  $0,008 \pm$  ml/g correspondendo a 0,4%. Porém os resultados encontrados para as folhas maduras ficaram abaixo das demais partes pela possível mobilização dos frutanos para o órgão de armazenamento de reservas (caule).

**Tabela 2-Tabela 2. Rendimento médio dos frutanos em % da massa seca do caule e folhas em *Agave sisalana*.**

Órgãos em estudos	Peso inicial	Fruto-oligossacarídeos		Fruto-polissacarídeos	
	g	mg/g	%	mg/g	%
<b>Caule</b>	2	$0,167 \pm 0,036$	8,3	$0,006 \pm 0,002$	0,3
<b>Folhas jovens</b>	2	$0,068 \pm 0,014$	3,4	$0,008 \pm 0,002$	0,4
<b>Folhas maduras</b>	2	$0,063 \pm 0,018$	3,1	$0,004 \pm 0,002$	0,2

Os resultados obtidos nas folhas e caule ficaram abaixo dos encontrados por Sharma e Varshney (2012) de 8,7 mg/g para a espécime em estudo. E abaixo dos encontrados em *Agave tequilana* 20-24%, *Agave salmiana* 23% e outros produtos utilizados na indústria como Alcachofra- Jerusalém 16 a 20% e Chicória 15 a 20% (Tabela 1), produtos esses que apresentam concentrações altas de inulina (HIGUERA, 2009).

Os resultados encontrados para o caule, por ser a região da planta com maior concentração de carboidratos, se mantiveram iguais aos encontrados em outros gêneros de agave (HIGUERA, 2009; SOTO et al., 2011). Indicando os frutanos presentes na planta como fonte próspera para fabricação de produtos como xaropes de frutose, frutose cristalina, fibra dietética solúvel e adoçante de baixa caloria (SOTO et al., 2011). Além da possibilidade de ser utilizada na obtenção de fermentados como etanol, ácido cítrico, sorbitol, ácido glucônico (NARVAEZ E SANCHEZ, 2009). E segundo estudos de Mielenz et al., (2015) espécies de agave podem suportar a fermentação por leveduras de etanol, em alguns casos com utilização de enzimas industriais, possibilitando a utilização na produção de bebidas fermentadas, em processo semelhante ao da tequila (*Agave tequilana*).

Quanto ao efeito prebiótico Gomez et al., (2010) relata que os frutanos inulina presentes em agaves tem um potencial prebiótico, uma vez que aumenta o crescimento das bifidobactérias e lactobacilos. Efeito esse semelhante ao observado frutanos inulina encontrados em chicória indicando assim os *Agave L* como fonte de fibras, produção de adoçantes e complementar ingredientes alimentícios prebióticos.

## 6 CONCLUSÃO

A partir do estudo apresentado neste trabalho concluiu-se a importância dos conteúdos de frutanos presente na folha no caule da *Agave sisalana*, no entanto, tais substâncias são desperdiçadas nos processos de extração de fibras têxtil.

As amostras que demonstraram mais prosperas para a extração de frutano de interesse econômicos foi o caule por apresentar quantidade 8,3% do peso fresco de fruto-oligossacarídeos e as folhas jovens por apresentar quantidades 0,4 % do peso fresco de fruto-polissacarídeos.

Com base nos resultados foi possível obter, novas informações que devem ser analisadas contribuindo assim para futuras pesquisas e para o uso dos frutanos de *Agave sisalana* como potencial substituto da sacarose em alimentos, xarope de frutose, isolamento de inulina para a indústria como também na produção de produtos fermentados.

Vale ressaltar que são necessários estudos para possíveis variações do teor de frutanos em diferentes períodos do ano no intuito de determinar a época mais adequada para a obtenção destes compostos, bem como o estabelecimento de um protocolo mais eficiente para a extração de frutanos presentes na planta, utilizando solventes orgânicos mais eficientes.

## 7 REFERÊNCIAS

de ALBUQUERQUE, E. N., & ROLIM, P. M. **Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes Mellitus**. Revista de Ciências Médicas, 20(3/4) 99-108. Campinas, 2011.

\_\_ A LISTA DE PLANTAS (2013). Versão 1.1. Publicado na Internet; <http://www.theplantlist.org/> (acessada em 22-06-2016). Disponível em: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Asparagaceae/Agave/>

ALVARENGA JÚNIOR, E. R. **Cultivo e aproveitamento do sisal. *Agave sisalana***. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, dossiê técnico CETEC. 2012.

ANDRADE, R., ORNELAS, J., & BRANDÃO, W. **Situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento**. Comunicação SEAGRI, p. 14-19, 2012.

APOLINÁRIO, A. C. **Obtenção de produtos de interesse farmacêutico a partir do *Agave sisalana perrine ex engelm*: uma proposta de revitalização da cultura sisaleira na Paraíba**. Dissertação Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2014.

ARRIZON, J., MOREL, S., GSCHAEDLER, A. et al. Comparison of the water-soluble carbohydrate composition and fructan structures of *Agave tequilana* plants of different ages. Food Chemistry, v. 122, n. 1, p. 123-130, 2010.

ASEGA, A. F. **Enzimas do metabolismo de frutanos em *Vernonia herbacea* (Vell.) Rusby**. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2003.

ASEGA, A. F. **Mobilização de frutanos durante a brotação em *Vernonia herbacea* (Vell.) Rusby: purificação e expressão gênica de frutano-exohidrolases**. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica. São Paulo, 2007.

AZZINI, A. et al. **Caracterização tecnológica de híbridos de sisal**. Bragantia, v. 48, n. 1, p. 113-124. Campinas 1989.

BÄRTELS, A; DA VEIGA SOARES, C. B; BRITO, A. L. V. T. **Guia de plantas tropicais: plantas ornamentais, plantas úteis, frutos exóticos**. Lexikon. Rio de Janeiro, 2007.

CAPRILES, V. D; ARÊAS, J. A. G. **Barras de amaranto enriquecidas com frutanos: aceitabilidade e valor nutricional**. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, v. 60, n. 3, p. 291, 2012.

CNIP - **Centro Nordestino de Informações sobre Plantas**. Brasília, 2012. Disponível em <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjOzZLqjZfPAhWlhpAKHYbqDAQQFggpMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.cnip.org.br%2Fbdpn%2Ffotosdb%2Fagave.pdf&usg=AFQjCNGTnr78ykC\\_Qzj2XeobQAIFrMgQmA&bvm=bv.133178914,d.Y2I](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjOzZLqjZfPAhWlhpAKHYbqDAQQFggpMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.cnip.org.br%2Fbdpn%2Ffotosdb%2Fagave.pdf&usg=AFQjCNGTnr78ykC_Qzj2XeobQAIFrMgQmA&bvm=bv.133178914,d.Y2I)>\_. Último acesso em 19-07-2016.

CONAB. **Sisal – safra 2012/2013: comercialização – proposta de ações**. Brasília, 2012.

Disponível em

<[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjxudidjJfPAhWDg5AKHWRdCsYQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conab.gov.br%2FOlalaCMS%2Fuploads%2Farquivos%2F12\\_10\\_29\\_11\\_45\\_31\\_sisal2012.pdf&usg=AFQjCNEilWaGMzrg8c9YotThIHOh3LoxSA&bvm=bv.133178914,d.Y2I](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjxudidjJfPAhWDg5AKHWRdCsYQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conab.gov.br%2FOlalaCMS%2Fuploads%2Farquivos%2F12_10_29_11_45_31_sisal2012.pdf&usg=AFQjCNEilWaGMzrg8c9YotThIHOh3LoxSA&bvm=bv.133178914,d.Y2I)>.

Último acesso em 19-07-2016.

CONAB. **Sisal 2015: Retrospectiva**. Brasília, 2015.

<[http://conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_02\\_04\\_11\\_15\\_32\\_sisal\\_\\_conjuntura\\_especial\\_retrospectiva\\_2015-1.pdf](http://conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_02_04_11_15_32_sisal__conjuntura_especial_retrospectiva_2015-1.pdf)>. Último acesso em 19-07-2016.

CONTADO, E. W. N. **Obtenção, caracterização e utilização dos frutanos de tubérculos do yacon (*smallanthus sonchifolia*)**. Tese (doutorado) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2009.

da CUNHA NETO, I. L. MARTINS, F. M. **ANATOMIA DOS ÓRGÃOS VEGETATIVOS DE *Agave sisalana* PERRINE ex ENGELM (AGAVACEAE)**. Revista Caatinga, v. 25, n. 2, p. 72-78, 2012.

CUELLO, C. M. **Caracterización fisicoquímica y estudio cinético de la hidrólisis enzimática de los fructanos de maguey mezcalero potosino (*Agave Salmlana*)**. Tesis de doctorado en ciencias ambientales, Universidad Autónoma de SLP. San Luis potosí .SLP., Mexico, 2012.

DEFFERT, F. **Seleção de leveduras ambientais produtoras de enzimas para a síntese de fruto-oligossacarídeos**. Dissertação. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Departamento de Farmácia. Curitiba, 2015.

DIETRICH, S. M. C.; FIGUEREDO-RIBEIRO, R.C L. **Carboidratos de reserva em plantas superiores e sua importância para o homem**. Revista de La Academia Colombiana de Ciências Exactas, Físicas y Naturales, Bogota, v.61, p 67-71, 1986.

DOMINGUES, L, F. **AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTI-HELMÍNTICA DO RESÍDUO LÍQUIDO DE *AGAVE SISALANA* Per. (SISAL) EM CAPRINOS**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal nos Trópicos) – Universidade

Federal da Bahia, 2008.

EDELMAN, J.; JEEORD, T. G. **The mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus***. *New phytologist*, v. 67, n. 3, p. 517-531, 1968.

HAULY, M. C. O. & MOSCATTO, J. A. **Inulina e Oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos**. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 23, n. 1, p. 99-112, 2004.

HENDRY, G.A.F. & WALLACE, R.K. **The origin, distribution and evolutionary significance of fructans**. In: Suzuki M. & Chatterton, J.N. (eds.) *Science and Technology of fructan*. Boca Raton: CRC Press, 1993. (In press)

HIGUERA, A. R. I. A. **EVALUACIÓN DEL EFECTO PREBIOTICO DEL AGUAMIEL DE MAGUEY (*Agave salmiana*) EN *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus***. [s.l.] INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, 2009.

FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. **Distribuição, aspectos estruturais e funcionais dos frutanos, com ênfase em plantas herbáceas do cerrado**. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 5(2):203-208, 1993.

GUGGISBERG, D. et al. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. **International Dairy Journal**, v. 19, n. 2, p. 107–115, fev. 2009.

GOOGLE EARTH- MAPAS. <<https://www.google.com.br/maps/@-6.4855513,-36.1715075,14z>>. Acessado em 19-09-2016.

GOMEZ, E., TUOHY, K. M., GIBSON, G. R., KLINDER, A., et al. **In vitro evaluation of the fermentation properties and potential prebiotic activity of *Agave* fructans**. *Journal of applied microbiology*, v. 108, n. 6, p. 2114-2121, 2010.

GONDIM, T. M. S.; SOUZA, L. C. **Caracterização de Frutos e Sementes de Sisal**. Circular técnica (EMBRAPA). Campina Grande, 2009.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13, Ed. Editora Nacional. São Paulo, 2002.

JOAQUIM, E. O. **Carboidratos não estruturais e aspectos anatômicos de plantas herbáceas de campos rupestres, com ênfase em *Asteraceae***. Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2013.

JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGHUE, M. J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

MELLO, J. I. D. O. Compostos de Reserva de Sementes e suas Relações com Diferentes Níveis de Sensibilidade à Dessecação e ao Congelamento (Dissertation, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2008.

Moreira, J., da SILVA, O. R. R. F., Amorim Neto, M. D. S., BELTRO, N. D. M., Vale, L. V., & dos SANTOS, R. F. Declínio do sisal e medidas para seu soerguimento no Nordeste brasileiro. EMBRAPA-CNPA. Documentos. Campina Grande, 1996.

LEAL, I. R. TABARELLI, M. SILVA, J, M, C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Prefácio de Marcos Luiz Barroso Barros. Ed. Universitária da UFPE. Recife, 2003.

NASCIMENTO, M. L. D. **Parâmetros de qualidade físico-química de produtos vegetais da Agave sisalana**. Trabalho de Conclusão de Curso. Farmácia. Universidade Estadual da Paraíba. CAMPINA GRANDE-PB, 2014.

NARVÁEZ-ZAPATA, J. A., & SÁNCHEZ-TEYER, L. F. **Agaves as a raw material: recent technologies and applications. Recent Patents on Biotechnology**, 3(3), 185-191. 2010.

NEIRA, D. S. M. **Fibras de sisal (Agave sisalana) como isolante Térmico de Tubulações**. Natal, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. 2005.

MASCARENHAS, J. de C; BELTRÃO, B. A; SOUZA JR., L. C. de. et al (Orgs.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Cuité, Estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

MARTIN, A. R., MARTINS, M. A., MATTOSO, L. H. et al. **Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009.

MEDINA, J. C. **“O sisal”**, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo (1954a).

MEDINA, J. C. Freqüência e severidade de corte das folhas de sisal. **Bragantia**, v.13, n.3, p.27-53, (1954b).

MIELLENZ, J. R., RODRIGUEZ, M., THOMPSON, O. A., YANG, X., & YIN, H. **Development of Agave as a dedicated biomass source: production of biofuels from whole plants**. *Biotechnology for biofuels*, 8(1), 1. 2015.

MIRANDA, G. P. M. **AGAVE SISALANA, O OURO VERDE DO SERTÃO: O mundo do trabalho e os espaços de resistência narrados pela memória dos velhos sisaleiros do**

**semi-árido paraibano (1970-1990).** Anais do XXVI Simpósio Nacional de História – ANPUH • São Paulo, julho 2011.

OLIVEIRA, L. D. **Eficiência do resíduo de sisal para compostagem com esterco animal e farinha de rocha natural.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Área de Concentração em Fitotecnia. Cruz Das Almas – BA, 2010.

OLIVEIRA, V. F. DE. **Interação entre a atmosfera enriquecida em CO<sub>2</sub> e o déficit hídrico: efeitos no metabolismo de frutanos em duas espécies de Asteraceae do cerrado.** Tese (Doutorado) Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente - São Paulo, 2012.

PINHEIRO, D. N.; PORTO, K. R. A.; MENEZES, M. E. S. **A química dos alimentos: carboidratos, lipídios, proteínas e minerais.** Maceió: EDUFAL, 2005.

PIMENTEL, T. C., GARCIA, S., PRUDENCIO, S. H. **Aspectos funcionais, de saúde e tecnológicos de frutanos tipo inulina.** Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 30, n. 1, 2012.

PIZARRO, A. P. B., OLIVEIRA FILHO, A. M., PARENTE, J. P., et al. **O aproveitamento do resíduo da indústria do sisal no controle de larvas de mosquitos.** Rev Soc Bras Med Trop, v. 32, n. 1, p. 23-29, 1999.

PORTES, M. T. **Biossíntese e degradação de frutanos em diferentes regiões do rizóforo de Vernonia herbacea (Vell) Rusby (Asteraceae).** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba- SP, 2005.

RAMÍREZ, J. A.; GÓMEZ-AYALA, R. C.; JACQUES-HERNÁNDEZ, C. Evaluation of Treatments to Reduce Hardness of Agave americana Core. v. 44, n. 4, p. 545–551, 2006.

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 33, n. 2, p. 103-148, 1993.

ROBERFROID, M. B.; VAN LOO, J.; GIBSON, G. R. **The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products.** *J. Nutr.*, n.128, p.11-19, 1998.

ROBERFROID, M. B. **Introducing inulin-type fructans.** British Journal of Nutrition, v. 93, n. S1, p. S13-S25, 2005.

ROMANO, C. C. **Influência da inulina nas características químicas, sensoriais e sobrevivência do L. acidophilus em frozen yogurt simbiótico com teor reduzido de lactose.**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curso Superior de Tecnologia em Alimentos. CAMPO MOURÃO, 2012.

SANCHES POTES, A.; KIRCHNGR SALINAS, F. R.; LOPEZ GONSÁLEZ, E.; PAULIN TORRES, N.; USAMI OLMOS, C. Manuales para educación agropecuária: **cultivos de fibras**. México: Trillas, 1991. 84p.

SANTOS, K, S. **Estudo genético e citogenético em espécies do gênero Agave (Agavaceae)**. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Biológicas Programa de Pós-Graduação Em Recursos Genéticos Vegetais. Feira de Santana, 2014.

SERAPHIN, J. C. **PRINCÍPIOS SOBRE DELINEAMENTOS EM EXPERIMENTAÇÃO AGRÍCOLA** (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Goiás). Goiás, 1996.

SECTI (SECRETARIA DE CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO). **PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO APL DE SISAL DA BAHIA. SALVADOR – BAHIA, JULHO, 2007.**

SHARMA, S. & VARSHNEY, V. K. **CHEMICAL ANALYSIS OF AGAVE SISALANA JUICE FOR ITS**. Acta Chimica & Pharmaceutica Indica, v. 2, n. 1, p. 60–66, 2012.

SILVEIRA, T. A., VITAL, S. R. O., SANTOS, R. F. et al. **Análise climatológica das tendências de precipitação pluvial dos municípios de Picuí e Cuité, Paraíba**. In: IX Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 2014, São Luís, MA. IX CONEPPI, 2014.

SILVA, O. R. R. F., COUTINHO, W., CARTAXO, W. Cultivo do sisal no Nordeste Brasileiro. **Embrapa Algodão. Circular técnica**. Campina Grande, 2008.

SOTO, J. L. M., GONZÁLEZ, J. V., VERA, M. V., & RAMÍREZ, E. R. **Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del Agave tequilana Weber azul**. Bioagro, 23(3), 199-206. 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TREVISAN, F; CARVALHO, M. A. M, de. **Frutanos: Origem e papel ecológico em plantas superiores**. INSTITUTO DE BOTÂNICA – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Curso de Capacitação de monitores e educadores. São Paulo, 2011.

TREVISAN, F. **Cultivo in vitro de Vernonia herbacea (Vell.) Rusby e atividade e expressão de enzimas do metabolismo de frutanos**. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, 2014.