



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília
IFB - *Campus* Gama
Curso Superior De Tecnologia Em Alimentos

GABRIEL CARLOS TRINDADE FREITAS

**QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS E CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE
MILHO DE UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE PAMONHA DO
DISTRITO FEDERAL**

Brasília
2022

GABRIEL CARLOS TRINDADE FREITAS

**QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS E CARACTERIZAÇÃO DO BAGAÇO DE
MILHO DE UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE PAMONHA DO
DISTRITO FEDERAL**

Monografia apresentada ao Curso Superior de
Tecnologia em Alimentos do *Campus* Gama Do
Instituto Federal de Brasília como requisito parcial
para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos

Orientadora: Prof.^a. Dra. Sther Maria Lenza Greco

Brasília
2022

CIP — Catalogação na Publicação

F866q	Freitas, Gabriel Carlos Trindade Freitas Quantificação dos resíduos e caracterização do bagaço de milho de uma indústria de processamento de pamonha do Distrito Federal / Gabriel Carlos Trindade Freitas; orientação Profa. Dra. Sther Maria Lenza Greco — Brasília, 2022. 58 f. Orientadora: Profa. Dra. Sther Maria Lenza Greco. Trabalho de Conclusão do Curso (Superior de Tecnologia em Alimentos) — Instituto Federal de Brasília, Campus Gama, 2022. 1. Resíduos agroindustriais. 2. Composição físico-química. 3. Gerenciamento de resíduos. I. Greco, Sther Maria Lenza, orient. II. Título. 664.7
-------	---

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a
responsabilidade do bibliotecário Daniel R. Guimarães — CRB/1ª 2961.

DEDICATÓRIA

A Deus, à minha família, e à minha namorada,
porque eu não teria chegado até aqui se não fossem eles.

AGRADECIMENTOS

É impossível começar uma sessão de agradecimentos sem antes agradecer a Deus. Ele que tanto me ama e me sustenta ao longo de todas as fases da vida.

Agradeço ao Instituto Federal de Brasília, à sua coordenação e a cada um dos professores que me proporcionaram muitos aprendizados e experiências, e que são responsáveis pelo profissional que me torno.

À professora doutora Sther Greco, que tão bem me orientou durante a realização desse trabalho, não só como professora, mas também como mãe, mostrando-me a luz da razão em momentos de dúvida, minha profunda gratidão.

A todos os funcionários da indústria de pamonha, desde a liderança até os manipuladores, especialmente aqueles que contribuíram com a pesagem dos resíduos, que me acolheram tão bem durante o estágio e me ensinaram muito sobre o funcionamento de uma indústria de alimentos. Em particular, agradeço ao gerente de produção dessa indústria, Fhelipe Costa, que não somente chefe, tornou-se também meu amigo.

RESUMO

A pamonha é um quitute, tradicional da culinária brasileira, preparado à base de polpa de milho verde, que pode ser doce ou salgada, recheada ou não, cozida envolta na palha. Durante sua produção, utiliza-se apenas o miolo dos grãos de milho e parte das palhas, sendo que a outra parte delas, o sabugo, as pontas das espigas e o bagaço são descartados. O presente trabalho teve como objetivo identificar os resíduos de uma indústria de beneficiamento de pamonha, e para isso buscou descrever o processo de produção da pamonha, quantificar os resíduos, indicar alternativas de uso para eles e analisar a composição físico-química do bagaço de milho. Acompanhou-se a produção em uma indústria de processamento de pamonhas em Águas Claras, no Distrito Federal, por 9 meses durante o estágio supervisionado. A partir da observação *in loco* determinou-se os principais pontos de geração dos resíduos, que foram pesados e quantificados, e um deles, o bagaço de milho, foi levado para o laboratório para determinar sua composição físico-química, sendo realizadas as análises do teor de umidade, lipídeos, resíduo mineral fixo, proteínas e fibras alimentares. O processo produtivo da pamonha consiste basicamente em: recepção da matéria-prima, descascamento do milho, ralação do milho para obtenção da polpa, mistura dessa polpa com os demais insumos para a formação da massa, montagem da pamonha envolvendo a massa em palha e cocção da pamonha. É nas etapas de descascamento e ralação que ocorre a geração da maior parte dos resíduos. Estimou-se que essa indústria descarte, em média, 1080 kg de palha, 500 kg de pontas de espiga, 470 kg de sabugo e 66 kg de bagaço, além de 400 kg de milho impróprio para a produção de pamonha (seco, verde ou podre), totalizando uma média de 2,5 toneladas de resíduos de milho por dia, que corresponde a 42% do total de milho consumido. A composição centesimal encontrada para o bagaço de milho foi de 78,65% de umidade, 0,30% de lipídios, 2,68% de proteínas, 7,07% de carboidratos, 10,71% de fibras e 0,59% de cinzas. Por terem um alto teor de fibras, os resíduos estudados possuem grande capacidade de utilização na alimentação humana e animal, na compostagem e também na produção de biocombustíveis, de enzimas, de carvão e de material celulósico.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais; composição físico-química; gerenciamento de resíduos

ABSTRACT

The pamonha is a kind of Brazilian tamale, made of a corn dough, sweet or salty, that may or not be stuffed, rolled and cooked in corn husk. During its production, only the center part of the corn kernels and part of the husks are used, meaning that the rest of the husks, the cobs, and the bagasse is discarded. The objective of this research aimed to identify the wastes of the beneficiation industry of pamonha, and in order to do this, it sought to describe the pamonha's production process, quantify the corn wastes of this industry, indicate alternative uses to these wastes and analyze the physicochemical composition of the corn bagasse. The production was monitored in a pamonha industry located in Águas Claras, Distrito Federal, Brazil. From that, the main points of waste generation were determined, which were weighed and quantified, and the bagasse was taken to the laboratory to determine its moisture, lipids, proteins, carbohydrates, dietary fiber and minerals contents. The pamonha production process basically consists of the arrival of the corn, corn husking, corn grating to obtain the pulp, pulp and other ingredients mixture, assembling and rolling the dough in husk and cooking. Most of the wastes are produced during the husking stage. It was estimated that this industry discards an average of 1080 kg of corn husk, 500 kg of cob tips, 470 kg of cob, 66 kg of bagasse and 400 kg of corn rejected during selection. That adds up to a total of 2.5 tons of corn waste every day, that corresponds to 42% of the total corn consumed by this industry. The corn bagasse is composed of 78,65% of moisture, 0,30% of lipids, 2,68% of proteins, 7,07% of carbohydrates, 10,71% of dietary fiber and 0,59% of minerals. Due to the high level of dietary fiber, the corn wastes can be used in human and animal feeding, in composting and also in biofuel, enzymes and coal production.

Keywords: agro-industrial waste; physicochemical composition; waste management

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1- Fisiologia do grão de milho	17
Figura 2 - Tipos de grãos de milho	18
Figura 3 - Fluxograma simplificado de processamento da pamonha	36
Figura 4 - Ralador de milho e seus subprodutos	40
Figura 5 - Resíduos de uma indústria de processamento de pamonha	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias diárias e relativas dos resíduos	41
Tabela 2 - Caracterização físico-química do bagaço de milho	45

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos	14
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Milho: história, características e composição química do grão	15
3.2. Pamonha: história e processo de fabricação	19
3.3. Resíduos industriais: definições e classificação	21
3.4. Panorama de resíduos e subprodutos da agroindústria de alimentos	24
3.5. Resíduos do beneficiamento de milho: destinação e aproveitamento	26
MATERIAIS E MÉTODOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1. O processo de produção da pamonha (fluxograma)	36
5.2. Quantificação e caracterização dos resíduos do processamento	41
5.3. Caracterização físico-química do bagaço de milho	44
5.4. Gerenciamento e indicação de uso dos resíduos do processamento da pamonha	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de alimentos está em constante crescimento e com ela cresce também a geração de resíduos. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - UNEP - estima que 1/3 dos alimentos produzidos para consumo humano são descartados, totalizando 1,3 bilhão de toneladas. Destes, mais de 60% são descartados ainda no setor produtivo. A UNEP ainda afirma que o descarte alimentar do Brasil é um dos 10 maiores do mundo, chegando a cerca de 35% da sua produção anual, totalizando mais de 12,5 toneladas (UNEP, 2021).

Esses dados são alarmantes e impactam diversos setores. As consequências ambientais dos dejetos alimentares envolvem a lotação de aterros e lixões, ocasionando a contaminação do solo e de corpos hídricos. As consequências econômicas englobam a perda financeira por parte de produtores e consumidores. Já as consequências sanitárias e sociais inviabilizam o consumo de muitos nutrientes de uma grande parcela da população. Todo esse impacto é reduzido quando há esforço por parte de toda a cadeia produtiva, visto que mais da metade do descarte alimentício é possível de ser evitado (CASALI, 2013).

Considerando os dados supracitados, é imprescindível que as agroindústrias intervenham em seus processos com o objetivo de minimizar a geração de resíduos. Entretanto, eliminá-los completamente é quase impossível, visto que nenhum processo consegue ser 100% eficiente, pois, quando se fornece matéria-prima e insumos a um processo, sempre se obtêm produtos e resíduos. Nos casos em que mesmo a redução é inviável, devido à incapacidade de utilização do material no processo produtivo, faz-se necessário entender o que é descartado como um subproduto que representa insumo e energia em potencial para outro tipo de processo e, assim, aproveitá-lo. Para isso, é preciso primeiramente entender a matéria-prima, o produto e seu processamento, e então caracterizar os subprodutos (LEITE E PAWLOWSKY, 2005). O presente estudo teve como matéria-prima o milho e como produto derivado a pamonha.

O milho é o terceiro cereal mais produzido no mundo. Fisiologicamente, a espiga é constituída por palha, sabugo e pelos grãos, que são a principal seção, de onde derivam os produtos alimentícios. Esse grão tem três partes: pericarpo (casca), endosperma (miolo) e gérmen (porção gordurosa). Após processado, o milho pode ser consumido seco, em farinhas e óleos, ou verde, em cremes, bolos e pamonhas (MAGALHÃES, DURÃES E PAIVA, 1997).

Já a pamonha é um alimento muito tradicional brasileiro, de origem indígena, difundida principalmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, especialmente no estado de Goiás. É composta por polpa de milho ralada, temperada e misturada com gordura, geralmente cozida envolta em palhas de milho, podendo ter várias versões e recheios. É fabricada geralmente de forma artesanal, em espaços informais. Apesar de existir indústrias que a produzem, estas ainda guardam muito dos aspectos tradicionais e identitários desse prato, utilizando receitas e processos muito próximos (URU, 2007; MENEZES E ALMEIDA, 2021).

O beneficiamento de derivados de milho como um todo, inclusive o de pamonha, é um grande gerador de resíduos. Isso porque do milho utiliza-se apenas os grãos e algumas palhas, descartando-se o sabugo, o bagaço oriundo da filtração da polpa e o restante das palhas. A quantificação desses resíduos é um grande desafio para as agroindústrias atualmente.

No Brasil, é complicado quantificar os dados de descartes da cadeia produtiva de alimentos, e o país ainda não possui dados precisos baseados em levantamentos com abrangência nacional. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) relatou que os valores divulgados tendem a ser imprecisos e genéricos, devido à inexistência de uma metodologia padrão para avaliar e quantificar as perdas e o desperdício de alimentos. Além disso, a empresa relata que fatores como o ano da coleta dos dados, a época do ano (período seco ou das chuvas), o tipo de produto avaliado, o cultivar amostrado, o nível tecnológico do produtor amostrado, o possível aproveitamento de subprodutos, o uso na alimentação animal e a realização de compostagem influenciam e dificultam a obtenção desses dados.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Identificar os resíduos de uma indústria de beneficiamento de pamonha.

2.2. Objetivos Específicos

- Descrever o processo de produção da pamonha;
- Quantificar os resíduos;
- Indicar alternativas de uso para esses resíduos e
- Analisar a composição físico-química do bagaço de milho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Milho: história, características e composição química do grão

O milho (*Zea mays*) é um cereal natural do continente americano, e sua origem se deu provavelmente no território que hoje corresponde ao México. De acordo com Uru (2007), a planta do milho é uma cultura, ou seja, necessita do plantio e da manipulação direta para nascer. Os primeiros registros do cultivo do milho datam de 5000 a.C., e foram as antigas civilizações americanas, os povos Maias, Astecas e Incas, os principais responsáveis por essa atividade. Os povos indígenas brasileiros também adotaram a cultura do milho, e assim ele foi difundido por toda a América.

Posteriormente, com a chegada dos europeus e o início das grandes navegações e do tráfico de mercadorias multilateral entre os continentes, o milho saiu da América e foi plantado em diversos lugares do mundo. Seu valor nutritivo fez com que fosse muito apreciado mundialmente (SINDMILHO E SOJA, 2020; FAVERO, 2009).

Atualmente, a produção de milho dá-se nas regiões tropicais dos continentes, com destaque para a região entre o sul dos Estados Unidos até o sul do Brasil e Argentina, englobando toda a América Central, e também para a região tropical asiática (FAVERO, 2009). O milho é o terceiro vegetal mais cultivado do mundo, atrás apenas do arroz e do trigo (FEIX, BRANDÃO E SANTOS, 2015).

A safra de 2020 produziu mundialmente 1.133,89 milhões de toneladas em 193,39 milhões de hectares. Os principais países produtores são os Estados Unidos, com 360 milhões de toneladas, o que corresponde a 32% da produção mundial, e a China, que produziu 260 milhões de toneladas, sendo responsável por 23% da produção de milho no mundo (ABIMILHO, 2021).

Em seguida, no ranking mundial de produção, está o Brasil. O país produziu, na última safra, 102,5 milhões de toneladas, 9% em relação à produção mundial. O

milho é a terceira maior cultura do país, atrás apenas da cana de açúcar e da soja. Segundo a Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB), essa produção está concentrada principalmente nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, com destaque para os estados Mato Grosso, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul. Em 2021, a colheita total de milho deve chegar a 105,2 milhões de toneladas, a maior marca da história, com aumento de 2,6% sobre a anterior (CONAB, 2019; MAPA, 2021).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias do Milho (Abimilho), apenas 11% da produção nacional é destinada à alimentação humana, divididos entre o consumo direto e *in natura* (3%) e o processamento de derivados (9%) e aproximadamente 30% do milho brasileiro é exportado. Do restante, 52% é utilizado para a produção de ração animal e os outros 7% na fabricação de combustível etanol (ABIMILHO, 2021; SANCHES, ALVES E BARROS, 2018).

Essa grande produção e venda do milho o consolida como sendo uma das commodities agrícolas mais importantes do Brasil, movimentando dinheiro interna e externamente. Em 2020, ano em que o agronegócio foi responsável por mais de um quarto do Produto Interno Bruto brasileiro, o milho teve o terceiro maior valor bruto da produção agropecuária do país (ARTUZO *et al.*, 2019; CNA, 2021).

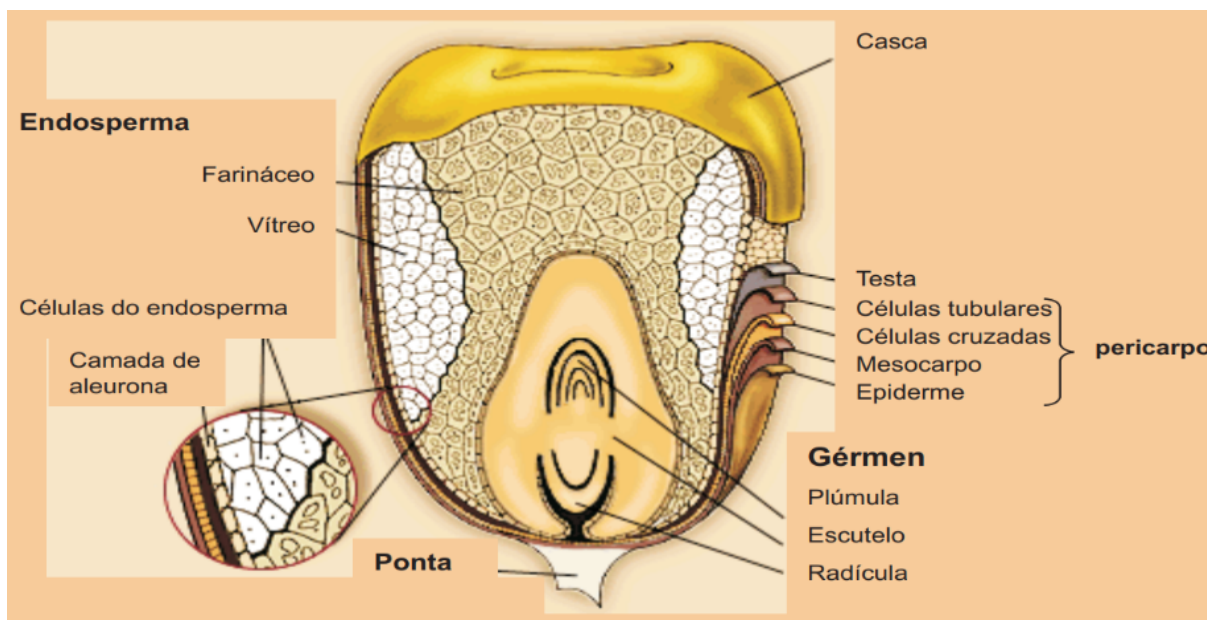
Os grãos de milho têm um ciclo de desenvolvimento de aproximadamente 2 meses após a polinização, divididos em 4 etapas: grão leitoso, dos dias 12 ao 15, contendo 80% de umidade; grão pastoso, ideal para produzir pamonha, entre os dias 20 a 25, em que o grão chega a 70% de umidade; formação dos dentes, que ocorre a partir do 36º dia, com 55% de umidade; e a maturidade, que ocorre depois do 50º dia, na qual o grão chega a menos de 38% de umidade (LEME, 2007).

Além do ponto de maturação, as condições de armazenamento no pós-colheita também influenciam bastante na umidade do grão, em sua atividade metabólica e, conseqüentemente, em sua perecibilidade. Para viabilizar a utilização do milho como matéria-prima por maiores períodos, faz-se necessário a manutenção de características como umidade, teor de amido, carboidratos e fibras durante o armazenamento, evitando a fermentação e conservando as palhas, por meio do

controle de temperatura, umidade, atividade de água, acidez e teor de oxigênio (LEME, 2007).

O milho é composto pelas palhas, estigmas (ou cabelos) e espiga, subdividida entre grãos e sabugo. Dessas partes, apenas os grãos são comumente utilizados e consumidos, e as demais são frequentemente descartadas. O grão é composto pela casca, ou pericarpo, endosperma e gérmen, além da ponta celulósica que une o grão à espiga, como pode ser observado na Figura 1 (MAGALHÃES, DURÃES E PAIVA, 1997).

Figura 1- Fisiologia do grão de milho



Fonte: Paes (2006).

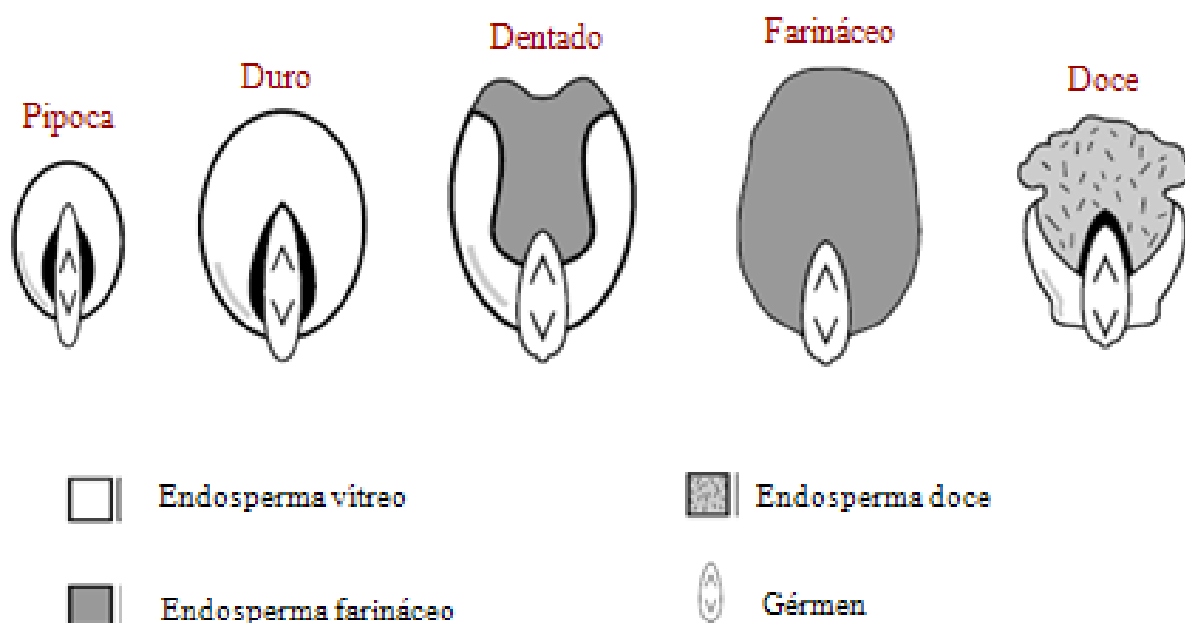
O endosperma é a principal e a maior parte constituinte do grão de milho, sua composição é basicamente amido e algumas proteínas de reserva. O gérmen é a parte do grão que reserva lipídeos e o restante das proteínas. O pericarpo, por sua vez, é composto principalmente por fibras de celulose. Em base seca, a composição média do grão é 72% de amido, 9,5% de proteínas, 9% de fibras e 4% de lipídeos (PAES, 2006).

A grande concentração de amido no milho permite seu aproveitamento em diversos derivados, no caso do milho seco especialmente em farinhas como o amido de milho, o fubá, as farinhas flocadas, o flocão de milho para cuscuz, além de

extrusados, farelos e óleo. Já o milho verde pode ser consumido *in natura*, cozido ou assado, em conservas e enlatados, e ainda ser usado como matéria-prima na elaboração de pamonha, curau, bolos e outros (REGITANO-D'ARCE, SPOTO E CASTELLUCCI, 2016).

O formato e a estrutura do gérmen e do endosperma, que pode ser do tipo vítreo, de aparência translúcida e contendo proteínas entre os grãos de amido; ou do tipo farináceo, sem proteína e opaco; vão definir que tipo de grão ele será. Desse modo, a Figura 2 mostra os 5 tipos de classificação do grão de milho: duro, dentado, doce, pipoca e farináceo (PAES, 2006).

Figura 2 - Tipos de grãos de milho



Fonte: Adaptado de Pereira e Antunes (2007).

Os milhos duros, farináceos e dentados divergem na relação entre endosperma vítreo e farináceo. Nos dentados, o endosperma farináceo concentra-se no centro, rodeado pelo vítreo. Ao secar, o grão encolhe, formando uma indentação no topo. O milho duro possui apenas endosperma vítreo, que resulta em grãos mais lisos, arredondados, duros e vítreos. Nos grãos do tipo farináceo, ocorre a mesma indentação do dentado, porém o endosperma completamente farináceo resulta em uma aparência opaca. Os grãos de milho-pipoca, por sua vez, são menores e mais arredondados, e possuem pericarpo mais espesso e predominância de endosperma

vítreo. Já os grãos de milho doce enrugam quando secos devido ao acúmulo de polissacarídeos solúveis. (PAES, 2006). O milho dentado é o tipo de milho mais produzido no Brasil, comumente consumido verde ou utilizado na fabricação de derivados como a pamonha (LEME, 2007).

A produção de híbridos de milho é uma maneira de aliar variadas vantagens de diferentes grãos. Ao estudar a utilização de alguns desses híbridos, Alves *et al.* (2004) e Leme (2007) comprovaram que o híbrido do milho AG 1051 é o melhor para produção de pamonha. Isso porque ele apresentou características desejáveis de produtividade (maior peso de espigas com palha e sem palha), de produção de massa e de baixa produção de bagaço. Contudo, tais atributos dependem do ponto de maturação do milho, cujo “ponto de pamonha”, seria um milho com umidade entre 60 e 70%. Esse híbrido apresenta grãos do tipo dentado, e sua produção já é bem difundida no Brasil.

3.2. Pamonha: história e processo de fabricação

O milho é um cereal muito comum, antigo e abundante nas américas, e muitos pratos típicos das culturas nativas americanas são derivados do milho. O tamale, por exemplo, é uma massa salgada, possível de ser recheada, feita à base de farinha de milho cozida no vapor envolta em folhas de bananeira ou palhas de milho bastante difundida na América hispânica, especialmente na Colômbia, no México e em Costa Rica (TAUBE, 1989).

Já no Brasil, uma massa de milho também cozida envolta na palha, podendo ser recheada ou não, doce ou salgada, ganhou o nome de pamonha. O nome é de origem tupi - *Pamunã*, o que confirma o discurso de Uru (2007), que a partir da comparação das afirmações de diferentes autores, declarou que a pamonha é de origem indígena.

Ao estudar a região em que os povos indígenas criaram a pamonha, fica claro que essa iguaria nasceu na região central do país. Apesar de não fazer parte do

patrimônio de um estado específico, inclusive por ser anterior a essa divisão geográfica, acredita-se que a criação da pamonha se deu entre os estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, correspondentes ao Centro-Oeste e Sudeste brasileiros (URU, 2007).

Independentemente de sua terra natal, o fato é que o consumo da pamonha se espalhou por todo o território brasileiro, especialmente nos estados situados nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. No período do inverno, entre os meses de junho e julho, quando ocorrem a colheita do milho e as festas juninas, a pamonha é largamente consumida (MENEZES E ALMEIDA, 2021).

Inicialmente, a pamonha era feita na forma doce, herança dos índios. Sua composição básica além da massa (polpa) de milho ralado era algum tipo de gordura, muitas vezes banha animal, sal e açúcar. Posteriormente, em algumas regiões, adotou-se o costume de rechear as pamonhas com queijo. Atualmente, entretanto, já se encontram pamonhas em versões salgadas com linguiça, pequi, pimentas, carne suína, frango, requeijão cremoso, carne de sol desfiada, jiló, cheiro-verde e outras variações. Já nas pamonhas doces, é possível encontrar coco, goiabada e creme de leite. Ainda se encontram versões fritas e assadas das pamonhas (URU, 2007; MENEZES E ALMEIDA, 2021).

Além dos recheios e combinações, o que mais varia entre as formulações de pamonhas, depois das quantidades de sal e açúcar, é o composto lipídico, que pode ser gordura animal (banha de porco, creme de leite, manteiga) ou gordura vegetal (margarina, óleo de soja) (URU, 2007).

A participação dos diversos membros da família e da comunidade nas pamonhadas, bem como as vastas opções de combinações e recheios para as pamonhas, e ainda a presença de pamonharias espalhadas em muitos bairros goianos com diferentes perfis socioeconômicos, demonstram que esse alimento é um símbolo da integralidade e da diversidade da cultura brasileira. E apesar de alguns traços mais artesanais e rurais estarem sumindo dessa cultura, o consumo de pamonha cresce cada vez mais (MENEZES E ALMEIDA, 2021).

O preparo da pamonha ocorre da seguinte forma: após descascado e higienizado, o milho é ralado a fim de se retirar sua polpa. Essa polpa é misturada com sal, açúcar, gordura (preferencialmente aquecida, para facilitar a dissolução e homogeneização), e acrescida ou não de outros temperos. Em seguida são feitos copos de palha para abrigar a massa da pamonha, que é despejada dentro deles. Se for o caso, essa é a hora de colocar o recheio. Em seguida, fecha-se o copo de massa envolvendo-o em mais palha, e então as pamonhas seguem para cocção em caldeirões de água fervendo por 30 a 60 minutos. Após serem retiradas da água, as pamonhas já podem ser servidas (URU, 2007; MENEZES E ALMEIDA, 2021).

Por ser composta principalmente de polpa de milho e gordura, a pamonha é rica em carboidratos e lipídeos. De acordo com as análises de Silva *et al.* (2004), uma pamonha doce de 100g contém 372 kcal, 28% de umidade, 4% de proteínas, 19% de gorduras, 47% de carboidratos, 1% de fibras e 1% de cinzas. Já a pamonha de sal, de acordo com o mesmo autor apresentou os teores como sendo, respectivamente, 269 kcal, 53%, 4%, 19%, 21%, 1% e 2%.

A literatura científica sobre a história, sobre o processamento e sobre a caracterização da pamonha não é muito vasta, além do que não foi encontrado um panorama nacional sobre essa produção, nem de caráter qualitativo, apontando os locais de maior produção e consumo, nem de caráter quantitativo, evidenciando uma produção nacional. Também não foi possível obter na literatura estudos sobre o processamento industrial da pamonha.

3.3. Resíduos industriais: definições e classificação

Toda forma de processamento industrial, seja ele de alimentos ou não, produz resíduos dos mais variados tipos e classificações. Compreender as características desses resíduos é uma tarefa importante para poder gerenciá-los e dar a eles o destino correto, que pode ser desde o descarte seguro, evitando contaminações, até

mesmo a sua reutilização, convertendo-os em insumos que geram lucro (ZANOTTO, 2011; CARVALHO, 2018).

O Ministério do Trabalho, na NR 25/2011, definiu os resíduos industriais como “aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa ou combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos, como cinzas, lodos, óleos, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, poeiras, borras, substâncias lixiviadas e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como demais efluentes líquidos e emissões gasosas contaminantes atmosféricos.” Dessa maneira, é necessário segmentar os resíduos das indústrias pelo seu estado físico, sendo os resíduos sólidos os de maior importância para esse trabalho.

A Associação Brasileira de Norma Técnicas – ABNT, em sua norma NBR 10.004/2004, define resíduos sólidos como: “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”

Complementarmente, a Lei Federal 12.305, de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos sólidos no Brasil, classifica resíduos sólidos como: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”

Considerando que a definição da legislação engloba alguns compostos líquidos como resíduos sólidos, entende-se como resíduos líquidos tipos de dejetos

que não podem ser lançados em corpos d'água. De maneira análoga, efluentes líquidos são líquidos resultantes de um processo que, somente após tratamento, podem ser lançados em corpos d'água (MONTAÑO, 2016).

Além da classificação quanto ao estado físico, os resíduos sólidos ainda são classificados quanto ao estado de vida (orgânico ou inorgânico) e quanto à periculosidade. A NBR 10.004/2004 envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos. Classifica os resíduos sólidos, conforme o grau de risco à saúde pública e ao meio ambiente, em:

- Resíduos classe I (Perigosos) - são aqueles que, dependendo das suas características físicas, química ou infectocontagiosas, podem apresentar potencial de inflamabilidade, de corrosividade, de toxicidade de patogenicidade, ou de risco à saúde pública, provocando doenças ou morte; e risco ao meio ambiente se for submetido a um gerenciamento inadequado. Devem ser incinerados, coprocessados, destinados à autoclavagem ou micro-ondas, ou ao aterro industrial. Como exemplo, temos: pilhas, lâmpadas, medicamentos, óleo lubrificante usado ou contaminado, pneus, embalagens de agrotóxicos, eletrônicos e seus componentes, etc.;
- Resíduos classe II (Não perigosos) - são aqueles que não se enquadram na classe I, portanto, não representam risco à saúde pública e ao meio ambiente e são ainda classificados como:
 - Resíduos classe II A (Não inertes) - são aqueles que podem ser biodegradáveis, combustíveis ou solúveis em água, e apresentam possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente.
 - Resíduos classe II B (Inertes) - são aqueles que ao serem submetidos a um contato dinâmico e estático com a água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Ou seja, aqueles que, em contato com a água, não são biodegradáveis, combustíveis, nem solúveis.

É importante ressaltar que, conforme Araújo (2013), os resíduos sólidos diferenciam-se do termo lixo. Isso porque o lixo não possui nenhum tipo de valor, devendo apenas ser descartado, enquanto os resíduos possuem valor econômico agregado, por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo. A autora também destaca que, por serem materiais ricos em nutrientes, os resíduos, se não adequadamente tratados, proporcionam sérios problemas de poluição no solo e na água. Além de gerar maus odores e reduzir o oxigênio dissolvido nos corpos hídricos, a degradação da matéria orgânica contribui para a proliferação de microrganismos, de pragas e de vetores.

Quanto à gestão dos resíduos industriais, a NR 25/2011 obriga as empresas a “buscar a redução da geração de resíduos por meio da adoção das melhores práticas tecnológicas e organizacionais disponíveis, através de métodos, equipamentos ou medidas adequadas.” A lei 12.305 de 2010 também traz uma obrigação quanto à gestão dos resíduos, responsabilizando o titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos “implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido”.

3.4. Panorama de resíduos e subprodutos da agroindústria de alimentos

O processamento de alimentos, assim como qualquer outro tipo de processo industrial, não consegue operar com 100% de eficiência. Em consequência, sempre há geração de resíduos, já que matéria-prima e insumos são transformados em produtos e resíduos, que, no caso da indústria de alimentos, são majoritariamente resíduos orgânicos sólidos e líquidos de origem vegetal e animal (LEITE E PAWLOWSKY, 2005).

A pressão pela conservação do meio ambiente, a rigidez das legislações ambientais e a preocupação dos consumidores com a qualidade ambiental dos produtos vêm crescendo gradativa e constantemente, o que leva as empresas a

rever as estratégias de produção industrial e seus impactos (SANTOS, STEVENS E GONÇALVES, 2015).

Assim, é necessário olhar para os resíduos agroindustriais não como lixo, apesar de ser crucial o cuidado com o descarte seguro, quando for o caso; mas como fonte de recursos, geração de renda, energia e produtos, especialmente porque os dejetos gerados na indústria de alimentos devem ser considerados, em grande parte, como subprodutos. Caso contrário, os resíduos representam perda de matéria-prima, dinheiro e energia, exigindo grandes investimentos em tratamentos para propiciar o despejo e para controlar a poluição, além de criarem problemas ambientais (SILVEIRA, 2010; ZANOTTO, 2011; ARAÚJO, 2013).

Os subprodutos são provenientes do processamento industrial, e a partir deles existe a possibilidade de desenvolvimento de novos produtos. O limite para a sua utilização geralmente se encontra na falta de conhecimento da sua composição química, da sua viabilidade econômica e da sua segurança nutricional e ambiental (ZANOTTO, 2011).

A correta utilização dos subprodutos, agregando valor ao que antes dava prejuízo, é uma ação importante e lucrativa para as empresas do ramo alimentício. Entre as possibilidades, os subprodutos dessas empresas podem ser transformados em compostos químicos e produtos com alto valor agregado como álcool, enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, ou inclusive pode-se realizar a sua reutilização para a alimentação, humana ou animal (SILVEIRA, 2010; ARAÚJO, 2013).

Caso não seja possível a reutilização dos resíduos, estes devem ser descartados de maneira correta a fim de diminuir, ao máximo possível, os impactos ambientais causados. Dessa forma, os resíduos líquidos provenientes da indústria de alimentos precisam passar por prévio tratamento para descontaminação antes de serem despejados na rede de esgoto; enquanto os resíduos alimentares sólidos necessitam ser separados, dependendo do tipo também devem passar pelo tratamento adequado, antes de serem levados ao aterro sanitário ou destino correto (CARVALHO, 2018).

Entretanto, o real objetivo das indústrias de alimentos deve ser o de diminuir ou reduzir ao máximo os seus resíduos, ainda mais ao considerar que os mencionados aterros estão lotados com dejetos alimentares. Segundo a agência da Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura - FAO, produz-se mundialmente 1,3 bilhão de toneladas de resíduos agroindustriais por ano, ou seja, 1/3 dos alimentos produzidos para consumo humano são desperdiçados, seja como resíduos oriundos do processamento, ou como perda na cadeia produtiva (COSTA FILHO *et al.*, 2017). A FAO ainda acrescenta que 46% das perdas alimentares ocorrem nas etapas de processamento, distribuição e consumo, e que 13,8% dos alimentos plantados são descartados somente entre a pós colheita e a distribuição (FAO, 2015).

Sobre a quantidade de descarte alimentar brasileiro, não foram encontrados dados precisos baseados em levantamentos com abrangência nacional. Isso porque, de acordo com a EMBRAPA (2016), os valores divulgados costumam ser imprecisos e genéricos em decorrência da inexistência de metodologia padrão para avaliar e quantificar as perdas e o desperdício de alimentos.

3.5. Resíduos do beneficiamento de milho: destinação e aproveitamento

Dentre os principais resíduos gerados nas agroindústrias de processamento de alimentos estão as partes inutilizadas dos vegetais. Folhas, talos, cascas, sementes, farelos e bagaços são constantemente subutilizados e descartados, mesmo possuindo grande potencial de aproveitamento, inclusive por seu alto valor nutritivo e tecnológico (STORK *et al.*, 2013).

A indústria de beneficiamento de milho e derivados, em especial a indústria de pamonha, tem como principais resíduos a palha e o sabugo do milho, bem como o bagaço formado pelo pericarpo do grão, as pontas das espigas e os estigmas (cabelos) do milho. Dentre os destinos mais comuns dados a esses resíduos estão: a sua utilização para alimentação animal, seja de maneira direta ou por meio da

fabricação de ração; a incineração, aproveitando-os como combustível em caldeiras e fornalhas das indústrias; ou o simples descarte (SOUSA, 2019).

Entretanto, esses resíduos, ao serem considerados subprodutos, têm capacidade para serem melhor aproveitados, com destaque na área de alimentação humana, foco principal deste estudo, mas também nas áreas de construção civil, de fabricação de materiais de celulose ou de produção de energia e combustíveis (ARAÚJO *et al.*, 2021).

Aproveitar e reutilizar esses resíduos é importante não só em decorrência do seu potencial de uso em diversas áreas, mas também porque eles são gerados em grande quantidade. Araújo *et al.* (2021) relataram que as sementes representam apenas 60% do peso do milho, resultando em aproximadamente 40% de resíduos, sendo 15% de palha e 25% de sabugo. Já Silveira (2010) achou um índice um pouco menor, mas ainda significativo, para o sabugo, que foi de 18%.

A fim de compreender melhor a composição e o potencial desses resíduos, Vieira *et al.* (2012) realizaram a caracterização físico-química das farinhas de sabugo e de palha do milho, e encontraram que esses materiais são ricos em fibras e que também possuem bastante açúcares redutores, contendo mais de 30% de cada um desses dois compostos em sua composição.

Alessi, Raupp e Gardingo (2003) realizaram a caracterização dos farelos de milho resultantes da moagem do grão para a fabricação de farinha de milho biju. Os pesquisadores observaram que 32,7% do milho destinado ao processamento resultava em resíduos - os Farelos 1, 2 e 3. Esses três tipos de farelos eram todos ricos em fibras, com teores que variaram entre 26% e 30%. Ao fracionar o farelo 3 em peneira, para separar a grande quantidade de endosperma ainda presente nele, em farelo 3A e 3B, a proporção de fibras do farelo 3A foi ainda maior, chegando a 54%, e seu teor de amido foi de 33%, significativamente menor que dos demais, que estava entre 49% e 58%. Assim, percebeu-se que esses farelos podem ser bem aproveitados como fonte de fibra alimentar para a alimentação humana, especialmente se passarem por um processo para quebra ou extração dos nutrientes mais calóricos remanescentes.

Além dos farelos, o sabugo é outro subproduto do milho com alto teor de fibras, e sua farinha pode ser bem aplicada no enriquecimento de alimentos. Ziglio *et al.* (2007) descreveram a elaboração de um pão de forma adicionado de farinha de sabugo de milho, nas proporções de 5, 10 e 15% em sua formulação. O produto com adição de 5% apresentou uma boa aceitação pelos provadores, obtendo nota média 7. Esse pão apresentou teor de cinzas de 3,06%, 9,66% de proteínas e 0,44% de fibras. As outras formulações, com maior adição da farinha de sabugo, apesar de não tão aceitas sensorialmente, apresentaram 1,5% e 2% de fibras.

Araújo *et al.* (2016) também se propuseram a estudar a farinha de sabugo de milho, e a utilizaram para enriquecer bolo de milho e uma opção matinal associada ao iogurte. Os índices de aceitabilidade foram acima de 70% nos dois produtos testados. Os valores médios das análises físico-químicas realizadas na farinha foram: umidade (3,68%), cinzas (1,80%), proteínas (4,16%), lipídios (1,75%), carboidratos (70,54%), fibra bruta (18,08%), valor energético (314,75 kcal), fitatos (0,51%), oxalatos (0,02%). Os autores reiteraram que a farinha pode ser utilizada para enriquecer alimentos, pois é rica em fibras e tem baixos níveis de fatores antinutricionais.

Outro autor a estudar o sabugo de milho foi Silveira (2010), que realizou a extração, caracterização química e avaliação de atividades biológicas da xilana de sabugo de milho (XSM). A xilana é um polissacarídeo do tipo hemicelulose presente em grande quantidade na estrutura vegetal do sabugo, e o estudo demonstrou que a XSM apresenta potencial como composto antioxidante, antiproliferativo e anticoagulante, e que pode ser utilizada em alimentos funcionais, em produtos farmacêuticos e na indústria química.

Não somente a xilana, mas os resíduos de milho como um todo são compostos por polímeros lignocelulósicos, que estão presentes na parede celular vegetal e compõem a chamada fibra alimentar, que são os glicídios que o organismo humano não é capaz de digerir. No milho, estão presentes principalmente a celulose, a hemicelulose e a lignina, consideradas fibras insolúveis, além de alguns compostos inorgânicos. A celulose é um polissacarídeo formado pelo sequenciamento de monômeros de glicose, e sua capacidade de retenção de água

contribui para a texturização dos alimentos. Já a hemicelulose é um conjunto de substâncias com variados monômeros predominantes e tem como principal função a composição de biofilmes. Diferentemente dos anteriores, a lignina não é um polissacarídeo, mas sim um polímero aromático cujos monômeros são álcoois (MINEIRO, 2014).

Essa composição possibilita classificar os resíduos de milho como biomassa lignocelulósica. Isso significa que esses resíduos são bons insumos para a produção de enzimas, de biofilmes e de combustíveis tanto sólidos (carvão) como líquidos (etanol) (ROMÃO, 2015; SOUSA, 2019; PADILLA, 2018; ARAÚJO, 2013).

De acordo com Sousa (2019), o sabugo de milho contém 31,7% de celulose, 34,7% de hemicelulose e 20,3% de lignina. Padilla (2018), por outro lado, encontrou esses valores como sendo 50,5%, 31% e 15%, respectivamente. Já para a palha de milho, a primeira autora relatou 37,6% de celulose, 34,5% de hemicelulose e 12,6% de lignina, enquanto o segundo apontou esses valores como sendo respectivamente 38%, 26% e 19%. A partir disso, Romão (2015) avaliou que as fibras de palha de milho têm bom potencial para produzir celulose, por apresentarem um bom comprimento médio, intermediário entre fibras curtas e longas, e bom rendimento.

Para produzir combustível, entretanto, os materiais lignocelulósicos precisam de passar por alguma etapa de tratamento. Sousa (2019), ao caracterizar o resíduo do processo de fabricação de pamonha, estudou também as condições da hidrólise do material, e concluiu que o resíduo em questão é uma boa fonte de açúcares fermentescíveis para a produção de etanol. Já Padilla (2018) produziu carvão vegetal a partir do sabugo de milho coletado em uma empresa produtora de pamonha, e inferiu que o carvão produzido era adequado para uso residencial, podendo ser uma fonte de matéria-prima alternativa à madeira na produção de carvão vegetal.

Além desses, Araújo (2013) ainda aponta mais um uso para o sabugo de milho: a fabricação de enzimas e ácidos orgânicos. A partir da fermentação semissólida da farinha de sabugo de milho cozido, foi possível a produção das enzimas hidrolíticas pectinase e celulase. Além disso, a autora ainda menciona que

o sabugo seco e moído pode ser aplicado como abrasivo para sabão removedor de manchas de óleo e resíduos industriais, como composto para produção de cogumelos, como filtro e polidor industrial e como insumo para fabricação de tijolos, madeira compensada e papelão.

Como todos esses resíduos de milho relatados são ricos em carbono, por serem compostos orgânicos, são ideais para utilização na compostagem. A compostagem pode ser definida como o processo de decomposição controlada dos constituintes orgânicos de subprodutos e rejeitos, gerando um produto orgânico estável chamado composto. O processo de compostagem é eficaz para assegurar a boa fertilidade do solo por retornar parte dos nutrientes que haviam sido retirados ao serem absorvidos pelas plantas (CARVALHO, 2013).

O modelo de compostagem mais comum consiste na utilização de palhas, como as de milho, picadas ou inteiras, intercaladas em camadas com esterco de animais, deixando uma camada maior de palha por cima para cobertura, o que evita a perda de água e de nitrogênio. A técnica de compostagem é uma das melhores formas de produção de adubo orgânico (FORMENTINI, 2008).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma agroindústria de produção de pamonha do Distrito Federal, localizada na Área de Desenvolvimento Econômico de Águas Claras. Os dados foram obtidos durante os 9 meses em que se realizou estágio supervisionado na agroindústria, de abril a dezembro de 2022.

Inicialmente, a partir da observação *in loco* e do acompanhamento das etapas de produção, foi elaborado o fluxograma de processamento da pamonha por meio do software *Bizagi*, e nele foram identificados os principais pontos de geração de resíduos.

Os resíduos gerados em todas as etapas foram pesados utilizando balanças de plataforma (balança industrial de chão) em baldes e tonéis plásticos previamente pesados para que se pudesse retirar a tara. Essa pesagem foi realizada pelos próprios manipuladores no momento de descarte dos resíduos, durante o mês de novembro de 2021.

O cálculo da porcentagem de resíduos gerados em todas as etapas de produção foi realizado por meio de planilha de Excel, considerando os dados da pesagem dos resíduos e a quantidade de milho recebida e processada diariamente (considerando as perdas de processo). Até o momento da realização deste estudo, a empresa não possuía os dados da quantificação dos resíduos de cada etapa de processamento da pamonha.

Na segunda etapa do estudo, realizou-se a caracterização físico-química específica de um dos resíduos identificados no processamento: o bagaço de milho. Para isso, seguiu-se as etapas de obtenção de informações do volume aproximado, estado físico e constituintes principais para a pré-caracterização de resíduo, estabelecidas pela NBR 10.007 de 2004.

A escolha exclusiva do bagaço de milho para realização da caracterização físico-química ocorreu devido aos fatores citados a seguir. Esse resíduo, apesar de representar a menor quantidade se comparado aos demais, é gerado basicamente

no processo de preparo da pamonha. Isso porque palha, sabugo, espigas rejeitadas e pontas do milho são resíduos comuns a outros tipos de beneficiamento de milho. Além disso, esse resíduo, que, segundo Sousa (2019), é composto basicamente pela casca do milho e amido não dissolvido, já é consumido normalmente em outras formas de preparo do milho. Outro fator relevante foi o local de geração desse resíduo, já dentro da área limpa da indústria, o que facilita o seu reuso.

A amostra de resíduo estudada foi coletada diretamente do local onde foi gerada, por meio de coleta manual seguido do armazenamento refrigerado até o momento das análises, realizadas em duplicata.

Foram realizadas no bagaço de milho as análises físico-químicas de teor de umidade, lipídios e resíduo mineral fixo, segundo a metodologia indicada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), no laboratório de análise de alimentos do Instituto Federal de Brasília (IFB), *Campus* Gama, Distrito Federal, Brasil; e de fibras totais e proteínas pelo Instituto de tecnologia do Senai para análises de alimentos e bebidas, *Campus* Vila Canaã, Goiânia, Brasil. Todos os procedimentos físico-químicos foram executados em duplicata. Em seguida, foram calculados o teor de carboidratos e o valor calórico.

O teor de umidade foi realizado em balança de determinação de umidade da marca OHAUS modelo MB 27 na temperatura de 105°C.

O teor de lipídeos foi executado por extração contínua em aparelho *Soxhlet*, utilizando hexano como solvente. A metodologia consistiu em pesar 3g de amostra acondicionada em cartucho de papel filtro e realizar a extração contínua por 6hs. O excesso de solvente foi retirado por secagem em estufa e os cálculos realizados de acordo com a fórmula:

$$GT (g/100g) = \frac{MC-MB}{MA} \times 100 = \text{lipídios por cento } m/m$$

Onde:

GT= gordura total.

MA= massa da amostra(g).

MB= massa do tubo ou balão(g).

MC= massa do tubo ou balão +gordura total(g).

O teor de resíduo mineral fixo foi realizado por meio de incineração em mufla a 550°C. Foram pesados 2g da amostra em uma cápsula de porcelana, previamente aquecida, por 7hs até obtenção de cinzas brancas ou levemente acinzentadas até a eliminação completa da matéria orgânica. As cinzas foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, pesadas, e o cálculo do teor de resíduo mineral fixo foi feito utilizando a seguinte fórmula:

$$RMF: (N - C) / P \times 100 = \text{cinzas por cento m/m}$$

Onde:

RMF = teor de resíduo mineral fixo

N = nº de g de cinzas.

C = peso cadinho vazio.

P = nº de g da amostra úmida.

A determinação de fibra alimentar total, referente à matéria seca, ocorreu pelo método *AOAC International Method 991.43/2019*. Esse é um método enzimático-gravimétrico que consiste na digestão enzimática da amostra, com lipases, proteases e amilases, e o resíduo dessa digestão é filtrado, lavado com água quente, seco e pesado. Para o cálculo do teor de fibra alimentar total, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$FAT = R - P - C - B / M \times 100$$

Onde:

FAT = Fibra alimentar total

R = peso do resíduo após a digestão enzimática

P = peso do teor de proteínas

C = peso do teor resíduo mineral fixo

B = peso do recipiente vazio

M = peso inicial da amostra

A determinação de proteínas totais decorreu de acordo com a ISO 187 (2009), seguindo as diretrizes gerais para a determinação de nitrogênio pelo método *Kjeldahl*, que tem por base uma estimativa do conteúdo total de nitrogênio do alimento e conversão da porcentagem desse nitrogênio para proteína, atribuindo que todo nitrogênio presente no alimento é proveniente da proteína. Este método usa um fator de conversão (fator médio - 6,25) que se baseia na proteína alimentar, sendo dividido em 3 etapas: digestão, destilação e titulação. Os cálculos foram realizados de acordo com a seguinte fórmula:

$$PB(\%) = (V * Fc * 0,00028 * 6,25) / PA \times 100$$

Onde:

PB= proteína bruta.

V = volume de H₂SO₄ gasto na titulação

Fc = fator de correção do H₂SO₄

PA = peso da amostra seca em gramas

6,25 = fator de conversão de nitrogênio em proteína

Os carboidratos foram determinados pelo método da diferença, ou seja, 100% menos a somatória dos teores de proteína, lipídios, umidade, fibras e cinzas, em porcentagem, de acordo com a seguinte fórmula:

$$TC(\%) = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ lipídios} + \% \text{ fibras})$$

Onde:

TC = teor de carboidratos

Para o cálculo do valor calórico (V.C.), tendo como base 100 g de resíduo, foram utilizados fatores de conversão para carboidratos (1 g = 4 kcal), lipídios (1 g =

9 kcal) e proteínas (1 g = 4 kcal). O cálculo foi realizado de acordo com a seguinte equação:

$$V.C = 4x (\%carboidratos) + 9x (\%proteínas) + 4x (\%lipídios)$$

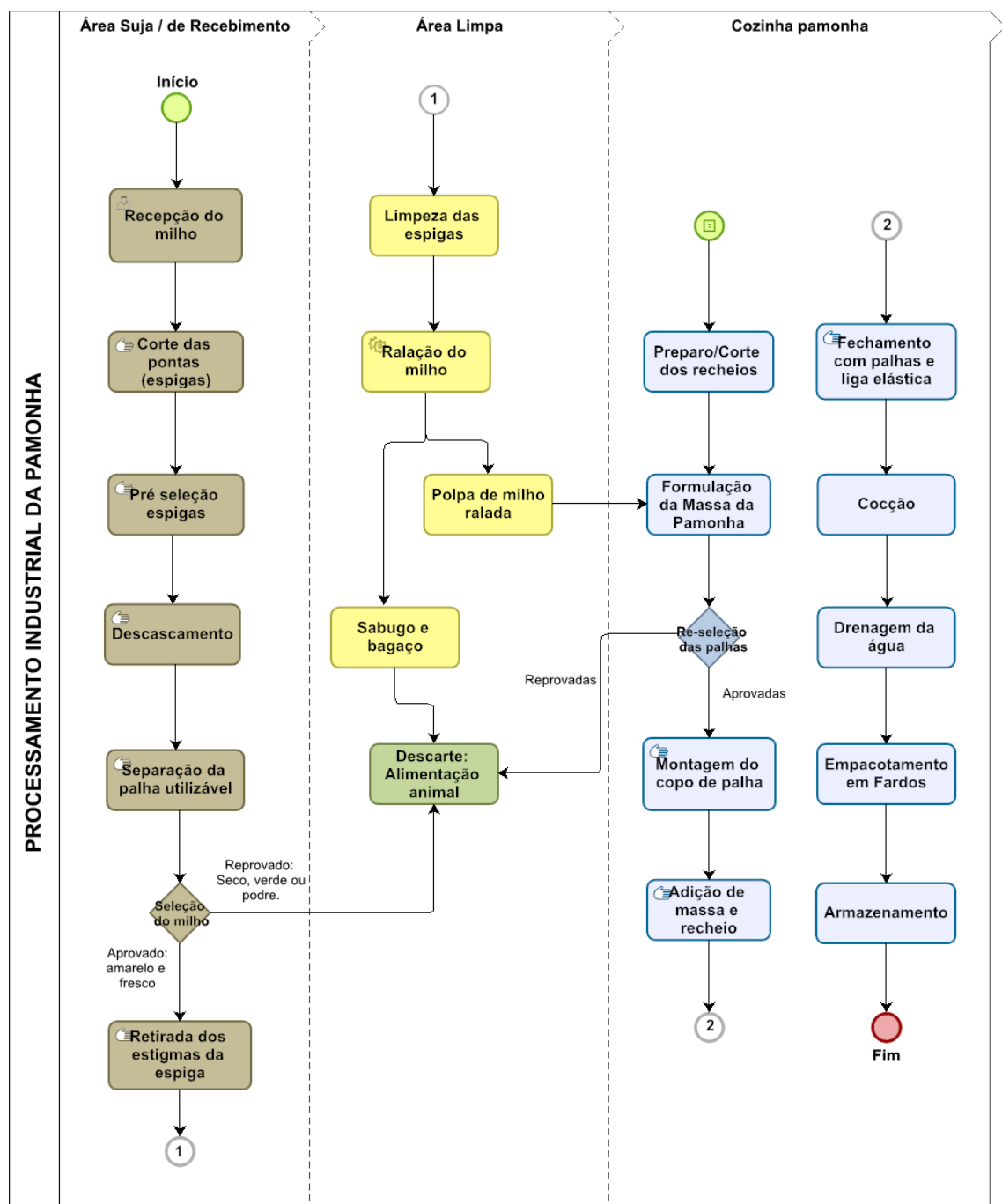
A terceira e última etapa desse estudo propôs a discussão de possíveis indicações de uso e gerenciamento dos resíduos identificados durante o processamento da pamonha. Essas discussões foram baseadas em uma revisão sistemática de literatura de artigos científicos da área, com seleção de artigos no período de 10 anos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. O processo de produção da pamonha (fluxograma)

Durante 9 meses de estágio supervisionado na indústria de processamento de pamonha, foi possível mapear todo o processo de fabricação, que está detalhado no fluxograma simplificado disponível na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma simplificado de processamento da pamonha



O processo produtivo da pamonha inicia-se com a recepção da principal matéria-prima, o milho. O milho mais indicado para a fabricação da pamonha é o híbrido AG 1051, e é o mais comumente utilizado na agroindústria em questão, proveniente de fazendas no estado de Goiás. Assim que é colhido é realizado o transporte até a agroindústria sendo o descarregamento realizado de maneira manual, exigindo pelo menos três manipuladores em um processo que pode levar até 2 horas. Após descarregado, o milho permanece empilhado sobre paletes até ser descascado. Cada carga de milho pode chegar a 12 toneladas, quantidade suficiente para três dias de processamento.

Assim que o milho chega, retira-se algumas espigas, por amostragem, para analisar as condições de integridade e maturação. De maneira visual e sensorial, analisa-se a integridade das palhas, se não estão muito frágeis, finas, furadas ou com a presença de pragas. Em seguida, é averiguada a integridade dos grãos e das espigas, garantindo também a ausência de pragas. Ao apertar os grãos e verificar sua coloração, é possível estimar o grau de maturação do milho, de forma que é característico de grão verde ser claro, esbranquiçado e mole, e de grão com maturação avançada ser amarelado e duro.

A condição ideal de maturação do milho para a fabricação da pamonha é ainda levemente verde. Grãos muito maduros formam uma pamonha muito seca, podendo inclusive formar grumos análogos aos da milharina. Já grãos muito verdes são excessivamente úmidos, não tendo concentração de amido suficiente para gelificar e dar a consistência adequada à pamonha, que fica muito mole e pouco amarelada. De acordo com Leme (2007), o milho para produção de pamonha deve conter entre 65% e 70% de umidade, e é indicado que seja colhido assim que atingir o ponto de grão pastoso. A análise do teor de umidade ainda não é utilizada na indústria, mas esse teor é estimado de maneira empírica pelos manipuladores.

O milho continua amadurecendo após a colheita, de forma que se a indústria receber um milho muito verde, pode esperar que amadureça um pouco até que fique no ponto melhor para a pamonha. Entretanto, se esse milho já chegar com maturação mais avançada, precisa ser processado imediatamente.

Dessa forma, analisar o ponto de maturação do milho é necessário para poder decidir em que momento e em qual produto processá-lo. Além disso, o milho que estiver excessivamente verde ou maduro, inviabilizando a produção de pamonha, pode ser utilizado no processamento de outros produtos, como o milho degranado, que é o grão de milho cozido e congelado.

Outro processo de controle de qualidade pelo qual o lote de milho passa, quando é maior que 1 tonelada, é a análise de rendimento. Seleciona-se randomicamente 100 espigas, que são pesadas inteiras, em seguida descascadas e pesadas novamente. Elas são raladas e anota-se também o peso da polpa. Esses três pesos, do milho inteiro, do milho descascado e da polpa ralada, são lançados no sistema de controle de produção e a partir dele se calcula o rendimento do lote de milho. Esses dados são úteis para se compreender a qualidade do insumo e também para dar baixa no sistema da quantidade correta de milho utilizada no processamento.

Em seguida, é feito o corte do milho, também de forma manual. Para que a palha fique com o formato ideal para ser enrolada, é necessário realizar esse corte das pontas do milho, feito manualmente com um facão, que gera o primeiro resíduo do milho. Também durante esse processo ocorre a primeira seleção, de maneira totalmente visual, e aqueles que estiverem muito danificados, podres, ocos, secos ou com outros defeitos nítidos já são descartados, gerando a primeira perda.

Uma vez retirados da pilha inicial e removidas as pontas, os milhos são depositados em uma segunda pilha, também sobre paletes, para serem descascados. Todos os milhos dessa pilha são descascados em no máximo 2 horas após o corte.

Há a opção de se realizar o descascamento utilizando um equipamento específico para essa finalidade, porém, ele danifica a palha, inviabilizando o seu uso para a fabricação da pamonha. Durante o descasque, os manipuladores retiram as palhas mais externas, maiores e mais sujas, e também as mais internas, mais finas e menores, e descartam-nas.

Em média, uma espiga de milho está envolta por 7 folhas de palha, sendo que as 2 primeiras e as 2 últimas são comumente descartadas, e as 3 intermediárias são utilizadas. Caso as palhas intermediárias estejam íntegras, sem pragas ou furos e apresentem uma boa espessura, são recolhidas empilhadas em caixas, e seguem para o processamento da pamonha. A etapa de descascamento do milho é aquela que gera a maior parte dos resíduos.

As espigas de milho descascadas passam, então, por mais uma seleção visual. As que apresentarem defeitos, como a presença de vetores ou pragas, ou que estiverem muito distantes do ponto de maturação são descartadas. Caso não apresentem nenhum desses defeitos, as espigas são armazenadas também em caixas plásticas para seguir para o processamento. Em alguns casos, espigas com defeitos apresentam palhas adequadas e utilizáveis, ou ao contrário, espigas sem defeitos tem palhas danificadas. Nesses casos, o que está em boas condições é selecionado para uso, e o restante é descartado.

O milho e a palha já selecionados são transportados para a área de processamento. O milho é ralado em ralador elétrico da marca Ralaço, operado por um manipulador, com capacidade de até 50 espigas por minuto, que as separa em polpa, sabugo e bagaço, como mostrado na Figura 4. A polpa é coletada em baldes e bacias, por onde segue para formular a massa da pamonha. Já o sabugo e o bagaço são coletados em tonéis e posteriormente descartados.

Previamente ou durante a ralação do milho, alguns pré-preparos são feitos para a fabricação da pamonha. Os variados recheios utilizados: queijo, goiabada, carnes suínas como lombo desfiado e linguiça frita, e temperos como cebolinha e pimentas cortadas ou em forma de molho, já ficam separados, cortados e porcionados, e a gordura em ponto de uso.

Com a polpa já ralada e os pré-preparos prontos, a massa da pamonha é elaborada misturando a polpa, a gordura, sal, ou açúcar no caso das pamonhas doces, e os temperos e recheios conforme o sabor. Em seguida, de forma manual, essa massa é envolta em palhas, amarrada com liga elástica colorida para identificar o sabor e empilhada em recipiente plástico adequado para ser levada para a cocção.

Nesse momento de enrolar a pamonha, são gerados os últimos resíduos do milho, algumas palhas que ainda apresentam defeitos.

Figura 4 - Ralador de milho e seus subprodutos: sabugo (tonel azul, à esquerda), polpa (balde branco ao centro) e bagaço (balde vermelho à direita)



A cocção é feita em tachos com camisa de vapor a gás, e leva de 40 a 45 minutos. O ponto de cocção é determinado pela cor da palha e consistência da pamonha. As pamonhas já cozidas são retiradas do tacho e, após drenadas, armazenadas ou em fardos para venda direta, ou em carrinhos para o congelamento.

De acordo com o descrito, percebe-se que o processo industrial de fabricação da pamonha difere pouco do processo artesanal relatado por Leme (2007) e por Uru (2007). Dentre as principais diferenças encontradas estão a forma de ralar o milho, em um equipamento específico de grande porte, e a maneira de enrolar e amarrar a pamonha, em copo de palhas envolta por elástico, enquanto que em fabricações artesanais é mais comum se amarrar com barbante e em outros formatos. Além

disso, ela pode ainda ser embalada em envoltório plástico, além de ser ultracongelada e armazenada em congelamento, etapas exclusivamente industriais que ocorrem na indústria em que foi realizado este estudo.

5.2. Quantificação e caracterização dos resíduos do processamento

A partir da descrição do fluxograma de processamento da pamonha mostrado na Figura 3, foi possível identificar quais são e onde são gerados os resíduos de milho desse processamento. Esses resíduos foram devidamente quantificados e estão ilustrados na Figura 5. A quantidade média diária de cada um deles está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 - Médias diárias e relativas dos resíduos

Resíduo	Etapa de geração	Média diária (kg)	Média relativa (%)
Espigas com casca	Pré-seleção	292,69	11,6%
Espigas sem casca	Seleção	115,74	4,6%
Palha	Descascamento	1083,03	43,0%
Pontas do milho	Corte das pontas	503,83	20,0%
Sabugo	Ralação	458,60	18,2%
Bagaço	Ralação	66,48	2,6%
Total	Todas	2520,36	100,0%

Figura 5 - Resíduos de uma indústria de processamento de pamonha: a) espigas com casca, b) espigas sem casca, c) palha, d) pontas de espiga, e) sabugo, f) bagaço



A quantificação dos resíduos gerados e sua média diária permite estimar a produção mensal de resíduos da indústria. As medidas foram feitas durante os dias úteis, considerados 22 por mês, já que nos finais de semana e feriados a rotina de produção dessa indústria diminui consideravelmente. Estima-se que, por mês, produza-se em média, 55,5 toneladas de resíduos de milho, distribuídos entre 6,5 toneladas de espigas defeituosas com casca, 2,5 toneladas de espigas defeituosas já descascadas, 24 toneladas de palha, 11 toneladas de pontas de milho, 10 toneladas de sabugo e 1,5 tonelada de bagaço.

Essa indústria consome uma média de 6 toneladas de milho in natura por dia. Ao final da produção, essas 6 toneladas se dividem em: 1,5 toneladas de milho descascado e selecionado, que segue para ser ralado e gera em média 350 kg de polpa de milho ralada; 2 toneladas de palha utilizada para enrolar as pamonhas; e 2,5 toneladas de resíduos. Dessa forma, aproximadamente 42% total de milho in natura vai para descarte nessa indústria.

A partir dos dados da tabela, percebe-se que a palha é o resíduo de maior quantidade gerado durante o processamento, correspondendo a 43% do total de descarte, mais que o dobro da quantidade do segundo maior resíduo, que são as pontas do milho. Isso justifica-se, pois há muitas palhas de milho em uma única espiga, sendo que mais da metade delas são descartadas. Dessa maneira, o total quantificado se refere apenas à palha descartada, não estando incluída nessa quantificação a palha retirada da espiga e utilizada para enrolar a pamonha.

Pela análise dos dados percebe-se que 79,2% dos descartes são gerados na área suja da indústria, sendo separados e descartados sem entrarem na unidade de processamento. Isso inclui a perda de milho, defeituoso ou fora do padrão de maturação, que corresponde a 16,2% do que é descartado. Esse cenário é interessante, pois impede que haja focos de contaminação física como a presença de insetos ou larvas que poderiam estar presentes na matéria prima e poderiam contaminar a pamonha.

É importante considerar que por ser um vegetal sujeito às condições climáticas, o índice de aproveitamento do milho varia bastante de acordo com a sazonalidade. Além disso, o fato de a pamonha demandar um ponto de maturação correto do milho para ser produzida também influencia na quantidade de perdas e resíduos.

As mais de 2,5 toneladas de resíduos diários dessa empresa produtora de pamonha são coletadas diariamente por um caminhão específico para esse fim. O carregamento desse caminhão é feito pelos manipuladores da indústria, que utilizam esteira rolante para o transporte dos mesmos. Atualmente, todos os resíduos de milho, (Tabela 1), assim como os demais resíduos orgânicos da indústria, como

pamonhas fora do padrão de qualidade, são destinados para o caminhão de resíduos, sem que haja qualquer medida de separação ou reaproveitamento. Esse caminhão segue para uma chácara, onde os resíduos são destinados para alimentação animal de uma maneira não controlada, sem nenhum tipo de separação ou tratamento.

Entretanto, esses resíduos contêm alta atividade de água e se degradam facilmente, às vezes fermentando antes mesmo de serem transportados. Além disso, os animais não os consomem totalmente, resultando no mal aproveitamento desses resíduos de milho, e grande parte deles acaba sendo deteriorado por microrganismos, seja no local que são gerados ou em seu destino final.

Todos os resíduos de milho gerados nessa indústria de processamento de pamonhas são classificados, de acordo com a NBR 10.004/2004, como sendo da Classe IIA. Isso significa que não são perigosos, nem inertes. Dessa forma, apesar de não oferecerem risco direto à saúde humana, são biodegradáveis, e assim podem acabar poluindo o solo e os corpos hídricos devido ao excesso de material orgânico. Para que isso não aconteça, é necessário o manejo e gerenciamento correto, e uma melhor destinação pode melhorar bastante o aproveitamento desses resíduos.

5.3. Caracterização físico-química do bagaço de milho

Com o objetivo de conhecer a composição centesimal do bagaço de milho, realizou-se a caracterização físico-química, cujos parâmetros de composição estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização físico-química do bagaço de milho

Parâmetro	Bagaço de milho
Umidade	78,65%
Lipídios	0,30%
Proteínas	2,68%
Carboidratos	7,07%
Fibras	10,71%
Cinzas	0,59%
Valor energético	42 kcal

A amostra de bagaço de milho apresentou umidade de 78,65%. Sousa (2019), que analisou o mesmo tipo de resíduo, obteve um resultado de 22%, e ressaltou que a umidade desse resíduo é significativamente maior que a de outros do milho, que tendem a ficar abaixo de 10%. Isso fica evidente nos trabalhos de Alessi, Raupp e Gardingo (2003), que encontraram valores entre 8,6% de umidade no farelo de milho; e de Araújo (2013) que encontrou umidade de 7,94% no sabugo de milho.

O maior teor de umidade do bagaço de milho em relação aos outros resíduos está relacionado à grande quantidade de água presente na polpa do milho, que durante o processo de ralação umedece a casca, que retém parte da água ao ser filtrada. Esse teor indica a alta perecibilidade do resíduo, que, para ser reaproveitado necessita de um tratamento imediato ou deve ser desidratado para redução do conteúdo de água (SANTOS E OHARA, 2016).

O teor de lipídios do resíduo foi de 0,3%. Araújo *et al.* (2016) analisaram o teor de lipídios de farinha de sabugo de milho e obtiveram o valor de 1,15%. Já Alessi, Raupp e Gardingo (2003), ao analisar farelo gerado no processamento de farinha de milho biju, obtiveram valores de 4,8%. Esse resultado aponta que o bagaço é pobre em lipídios, o que pode indicar o seu uso em produtos com foco na saudabilidade, contendo baixo teor de gorduras.

O teor de proteínas do bagaço de milho foi de 2,68% e é bem próximo do resultado desse teor na farinha de sabugo de milho determinado por Ziglio *et al.* (2007), que foi 2,5%. Entretanto, esses valores são mais baixos que os encontrados por Araújo *et al.* (2016) nas amostras de farinha de sabugo de milho, de 4,16%, e por Alessi, Raupp e Gardingo (2003), que tiveram valores entre 5 e 10% nos farelos oriundos de farinha de milho biju.

O teor de proteínas encontrado indica que o milho de fato não é rico em proteínas, e sim fonte de amido. Esse teor pode variar de acordo com a variedade do milho estudado, de forma que grãos com maior concentração de amido farináceo não tem matriz proteica circundando os grânulos de amido, enquanto os grãos ricos em endosperma vítreo têm matriz proteica densa (PAES, 2006).

O teor de fibras do resíduo foi de 10,71%. Esse resultado é próximo aos 18,08% da farinha de sabugo de Araújo *et al.* (2016) e aos 15,55% de um dos farelos de Alessi, Raupp e Gardingo (2003).

O bagaço, por tratar-se do pericarpo do grão de milho, ou seja, sua parte mais externa, é uma biomassa de lignocelulose. Dessa forma, sua composição básica é a parede celular vegetal, que compõe a fibra alimentar (MINEIRO, 2014).

A concentração de carboidratos calculada por diferença foi de 7,07%. Essa concentração de carboidratos deve-se ao amido que fica dissolvido na água aderida ao bagaço mesmo após a filtração da polpa. Sousa (2019) determinou que o bagaço oriundo da fabricação de pamonha tem 6,08% de amido, e que esse valor é interessante para hidrolisá-lo em açúcares fermentescíveis para produção de combustível. Considerando que, em base seca, 72% do grão de milho é amido, todos os seus componentes, mesmo quando isolados, ainda terão carboidratos em sua composição (PEREIRA, QUEIROZ E MENDES, 2010).

O teor de resíduo mineral fixo encontrado neste estudo foi de 0,59% e é próximo ao valor encontrado por Sousa (2019) ao analisar o mesmo resíduo (0,79%). Já Alessi, Raupp e Gardingo (2003) encontraram o mesmo valor, de 0,59% quando analisaram o farelo da farinha de milho biju. Outros autores como Araújo *et al.* (2016), Ziglio *et al.* (2007) e Vieira *et al.* (2012), ao estudarem a farinha de

sabugo de milho, obtiveram valores de resíduo mineral fixo de 1,80%, 2,3% e 1,69%, respectivamente.

A quantidade de resíduo mineral fixo do bagaço de milho estudado indica bom potencial de utilização para a produção de energia e combustíveis. O motivo disso é que a alta concentração desses minerais atrapalha o processo de geração de energia, logo sua concentração é inversamente proporcional ao rendimento energético (SANTOS E OHARA, 2016).

O valor energético calculado para o bagaço de milho foi de 42 kcal para cada 100 g. Esse valor é significativamente mais baixo que o encontrado em outros resíduos de milho, como na farinha de sabugo de milho de Araújo *et al.* (2021), que tem 314,75 kcal. Considerando que 100 g de milho tem em média 360 kcal, o valor encontrado no bagaço corresponde a menos de um quinto do valor total do grão. Isso se deve à sua composição predominantemente de fibras e água, que não possuem valor calórico (ALESSI, RAUPP E GARDINGO, 2003)

É importante ressaltar que as comparações aqui feitas, salvo entre os resultados da Tabela 2 e os de Sousa (2019), são entre diferentes resíduos de milho, inclusive alguns na forma de farinhas. Além disso, variações no cultivo, clima, solo, região e local de origem do milho podem interferir diretamente no conteúdo de matéria orgânica e inorgânica do milho e de seus resíduos. São escassos os dados na literatura referentes à composição química do bagaço de milho, sendo necessário recorrer a outros estudos que analisaram outros tipos de resíduos (ARAÚJO *et al.*, 2016).

5.4. Gerenciamento e indicação de uso dos resíduos do processamento da pamonha

Considerando a composição físico-química do bagaço, exposta na Tabela 2, percebe-se um potencial de utilização deste como subproduto para o aproveitamento do seu amido ou o enriquecimento do teor de fibras em alimentos, seja na forma

convencional de bagaço ou desidratado, como farinha. A sua aplicação pode ser na panificação para produção de pães, bolos, biscoitos, *snacks*, massas e outros.

O teor relevante de carboidratos no bagaço (7%) indica que nele existe uma quantidade de amido residual que pode ser aproveitada em diversos processos (SOUSA, 2019). Para isso, é necessário que o bagaço passe por algum tipo de tratamento, como lavagem seguida de decantação, centrifugação ou prensagem.

Uma possibilidade para a aplicação do bagaço seria realizar sua secagem e trituração, a fim de produzir uma farinha de bagaço de milho. Essa farinha poderia ser adicionada em quantidades moderadas a diversas formulações, sem que se altere muito suas características tecnológicas e sensoriais, mas melhorando significativamente suas composições nutricionais (ARAÚJO *et al.*, 2016; ZIGLIO *et al.*, 2007).

A partir do cálculo relacionando a quantificação da geração de bagaço de milho, relatada na Tabela 1, com o seu teor de umidade, exposta na Tabela 2, estima-se que seja possível produzir 330 kg de farinha de bagaço por mês.

Além do uso na alimentação humana, essa mesma farinha poderia ser utilizada também para a alimentação animal, seja de forma direta ou na fabricação de rações. Essa aplicação, apesar de análoga à que é dada hoje pela indústria de pamonhas estudada, teria uma taxa de aproveitamento muito maior pelos animais.

A fabricação de farinha rica em fibras não é uma opção somente para o aproveitamento do bagaço, mas também para o sabugo. Araújo *et al.* (2016) e Ziglio *et al.* (2007) estudaram essa possibilidade e concluíram que a farinha de sabugo pode ser utilizada como enriquecedora em alimentos, não alterando suas características sensoriais convencionais e contribuindo para um possível benefício fisiológico, e que a fabricação de produtos com essa farinha é viável e tem bom índice de aceitabilidade. As possibilidades de uso dessas duas farinhas, de sabugo e de bagaço de milho, seriam bastante parecidas, não só na alimentação humana como na animal.

O sabugo de milho pode ser utilizado não somente na alimentação, mas também na produção de combustíveis e energia, assim como os demais resíduos

gerados no processamento da pamonha. Caso a indústria tenha uma caldeira ou fornalha, que não era a situação da indústria estudada, todos eles podem ser queimados para a geração de calor, vapor ou energia.

Ainda com relação ao aproveitamento na produção energética, mas utilizando equipamentos externos à indústria de pamonha, esses resíduos podem ser levados a um local específico para queima que os transforme em combustível, enzimas ou biofilmes, possibilidades exploradas por Silveira (2010), Romão (2015), Padilla (2018), Araújo (2013) e Sousa (2019).

Independentemente do destino dado a esses resíduos, o fato é que, devido à sua alta atividade de água, se eles não forem reutilizados ou destinados para a reutilização logo após sua geração, ou tratados para que se diminua essa atividade de água para aguardar a destinação final, logo começarão a fermentar.

Como a indústria em questão não possui estrutura para tratar esses resíduos internamente, nem para reutilizá-los de maneira direta, a melhor alternativa de gerenciamento dos resíduos, além do investimento em estrutura, seria terceirizar o reaproveitamento, vendendo os resíduos a empresas que realizam algum dos processos energéticos citados anteriormente.

Caso a empresa decida por continuar a destinar os resíduos para a chácara, uma opção melhor de aproveitamento, que explora mais o potencial desses resíduos, é a compostagem. Isso porque materiais fibrosos são de grande importância para a compostagem, especialmente a palha do milho, que serve como boa cobertura. Utilizar esses materiais diretamente na adubação do solo pode ser muito agressivo, mas como o processo de compostagem elimina microrganismos indesejáveis e substâncias nocivas, além de facilitar a distribuição do composto no solo, eles são melhor aproveitados e a fertilidade do solo aumenta ainda mais (FORMENTINI, 2008).

Caso se opte por continuar a destinar os resíduos para a alimentação animal, é interessante estudar a viabilidade de fornecê-los a uma indústria de fabricação de ração, que os transformará em uma ração adequada e balanceada, e posteriormente possa vendê-la com um custo menor. Essa é uma alternativa amplamente utilizada e

vantajosa, já que o conteúdo lignocelulósico de todos os resíduos do milho é importante para a alimentação animal (PAES, 2006; ZIGLIO *et al.*, 2007). Além disso, de acordo com Alessi, Raupp e Gardingo (2003), essa opção é economicamente viável.

Em todas as indicações de uso feitas acima, a vantagem principal é que os resíduos não são simplesmente descartados no meio ambiente, tendo uma destinação adequada e correta com alta taxa de aproveitamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo possibilitou quantificar os resíduos e caracterizar o bagaço de milho de uma indústria de pamonhas do Distrito Federal, disponibilizando informações importantes para a indústria que passou a conhecer os dados quantitativos e qualitativos dos resíduos gerados durante o processamento da pamonha.

O processamento industrial de produção de pamonha foi relatado, destacando suas particularidades com relação ao processamento artesanal. Identificou-se quais são e onde são gerados os resíduos de milho desse processo, e foi feita a caracterização físico-química do bagaço de milho, que é composto basicamente por água, fibras alimentares e amido residual.

Esses resíduos apresentam um alto teor de fibras e possuem grande capacidade de utilização na alimentação humana e animal, e também na produção de biocombustíveis, de enzimas, de carvão e de material celulósico ou, ainda, podem ser levados à compostagem.

Muitos desafios foram superados para a elaboração deste trabalho: a ausência de dados de estudos similares na literatura e as dificuldades impostas pela pandemia de Covid 19, em especial a limitação de ir presencialmente aos laboratórios do *campus* para o desenvolvimento das análises. A presença diária no *campus* teria permitido mais repetições das análises, e talvez teria sido viável o desenvolvimento da farinha de bagaço ainda nesse trabalho.

Como indicação para estudos futuros, sugere-se o desenvolvimento de farinha de bagaço de milho e a adição desta em produtos de panificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMILHO. **Estatísticas de milho**. 2021. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- ALESSI, M. O.; RAUPP, D. da S.; GARDINGO, J. R.. Caracterização do processamento da farinha de milho biju para o aproveitamento dos subprodutos. **Publ. Uepg**, Ponta Grossa,, v. 9, n. 1, p. 31-39, ago. 2003. Disponível em: <http://ri.uepg.br/riuepg/handle/123456789/551>. Acesso em: 21 out. 2021.
- ALVES, S. M. de F.; SILVA, Á. E. da; SERAPHIN, J. C.; VERA, R.; SOUZA, E. R. B. de; ROLIM, H. M. V.; XIMENES, P. A. AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO PARA O PROCESSAMENTO DE PAMONHA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 39–43, 2004. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2340>. Acesso em: 24 dez. 2021.
- AOAC. **991.43. Official methods of analysis**. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods. 1995. Disponível em: https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/annexg.pdf. Acesso em: 15 jan. 2021.
- ARAÚJO, M. L. de. **Utilização de resíduos agroindustriais para a produção de enzimas**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.
- ARAÚJO, F. H. O.; MIRANDA, I. O.; SANTOS, M. V. S.; OLIVEIRA, L. C. de; SANTOS, J. C. dos. Avaliação da aplicabilidade de farinha de sabugo de milho no enriquecimento de produtos alimentícios. **Nutrição Brasil**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 22-29, jan. 2016. Disponível em: <https://portalatlanticaeditora.com.br/index.php/nutricaobrasil/article/view/102>. Acesso em: 07 nov. 2021.
- ARAÚJO, L. L. DE, et al. Caracterização e gerenciamento dos resíduos gerados no beneficiamento das sementes de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 1–17, 31 jul. 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n4e8143>
- ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L. de; SOUZA, A. R. L. de. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n.

2, p. 515-549, abr. 2019. Disponível em:
<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5327>. Acesso em:
 28 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR **10004:2004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. p. 71. Disponível em:
<https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR **10007:2004**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. p. 25. Disponível em:
<https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-10007-amostragem-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

BERTOL, I. L.; ZOLDAN, D. A... (2004). **Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 28. 10.1590/S0100-06832004000200015.

BRASIL. Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, p. 3-7, 3 ago. 2010. PL 203/1991. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 out. 2021.

BRASIL. **NR 25 - Resíduos Industriais**. Brasília, Ministério do Trabalho e Previdência. Disponível em:
<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-25.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2021.

BRANDLI, E. N.; PANDOLFO, A.; GUIMARÃES, J.; GONZÁLEZ, M. A. S.; REINEHR, R.. A identificação dos resíduos em uma indústria de alimentos e sua política ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 45-51, ago. 2009. Disponível em:
https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/13-07_RBCIAMB-N13-Ago-2009-Materia05_artigos213.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021.

CARVALHO, J., WOICIECHOWSKI, A., SANCHUKI, C., WALTER, A., LETTI, L. & SOCCOL, C. **Compostagem de Resíduos Agroindustriais**. 2013. 10.13140/RG.2.1.2033.0405.

CARVALHO, I. P. R. **Soluções para a valorização dos resíduos sólidos e minimização dos rejeitos em um restaurante modelo no Distrito Federal**. 2018.

126 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/20819>. Acesso em: 01 nov. 2021.

CASALI, L. Chega de desperdícios. In: **Cozinhando sem desperdício: receitas sustentáveis para o gourmet consciente**. São Paulo: Alaúde, 2013. p. 20–30.

CNA. **Panorama do Agro**. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro#:~:text=O%20segundo%20lugar%20no%20ranking,%24%2067%2C2%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 20 jan. 2021.

CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v. 6 Safra 2018/19 - Sétimo levantamento, Brasília, p. 1-119, abril 2019.

COSTA FILHO, D. V. et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. In: **II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER-PDVAgro 2017**. ISSN: 2526-7701. Oral. João Pessoa: Pernambuco, 2017, p. 1–8, 2017.

EMBRAPA. **Perguntas e respostas** - Portal Embrapa. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-perdas-e-desperdicio-de-alimentos/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 31 jan. 2022.

FAO. **Sustainable Development Goals**. 2015. Disponível em <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/12.3.1/en/>. Acesso em: 01 nov 2021.

FAVERO, M. W. A.. **CRITÉRIOS COMPETITIVOS CONSIDERADOS NA AQUISIÇÃO DE SEMENTES DE MILHO HÍBRIDO NA REGIÃO SUL DE GOIÁS**. 2009. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009. Cap. 21. Disponível em: http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1484/1/dissertacao_marcus_wilson_alves_favero.pdf . Acesso em: 20 maio 2021.

FEIX, E. J.; BRANDÃO, J. N. P.; SANTOS, L. R. dos. **Produção de farinha de empanamento extrusada com uso de farelo de arroz e bagaço de mandioca**. 2015. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

FORMENTINI, E. A. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. EMBRAPA. Vitória. 2008. Disponível em:

<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3718> 13 ago. 2019.
Acesso em: 10 jan. 2022

IFB. **Manual de normalização de trabalhos acadêmicos**. Brasília: Ifb, 2021.
Disponível em:
https://drive.google.com/file/d/1BAXQFOxnEHli5nql63KDCBUx_yQK557b/view?usp=sharing. Acesso em: 10 jan. 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGEA, P. (Coord.). São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

INTERNATIONAL STANDARD. [S.I.]. **ISO 1871:2009**: Food and feed products — General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method, [S. I.], 2009. Disponível em:
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/41320/e632a064184c4ed992c920bd7b22819d/ISO-1871-2009.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.

LEITE, B. Z.; PAWLOWSKY, U.. Alternativas de minimização de resíduos em uma indústria de alimentos da região metropolitana de Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 96-105, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO).
<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522005000200002>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/esa/a/DjH5QBVK5PqN48PHNQh4qJM/abstract/?lang=pt#ModalArticles>. Acesso em: 07 nov. 2021.

LEME, A. C.. **Avaliação e armazenamento de híbridos de milho verde visando à produção de pamonha**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Usp, Piracicaba, 2007. Disponível em:
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-26102007-095441/pt-br.php>. Acesso em: 24 dez. 2021.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1994. 27p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

MAPA. **Brasil deve ter novo recorde de produção na safra de grãos 2020/21**. Disponível em:
<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/10/brasil-deve-ter-novo-recorde-de-producao-na-safra-de-graos-2020-21#:~:text=O%201%C2%BA%20Leva>

ntamento%20da%20safra,milh%C3%B5es%20de%20toneladas%20de%20gr%C3%A3os. Acesso em: 20 maio 2021.

MENEZES, S. de S. M.; ALMEIDA, M. G. de. Pamonha, alimento identitário e territorialidade. **Mercator**, Fortaleza, v. 20, n. 2, p. 1-15, jan. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/QsQ363BDFXBSq3nJ7mwGfw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2021.

MINEIRO, S. A. L. **Fibra alimentar**: composição, métodos e implicações alimentares. 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade de Lisboa, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/16070>. Acesso em: 10 jan. 2022.

PADILLA, E. R. D. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais**: caracterização física-química e produção de carvão para energia. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9535>. Acesso em: 10 out. 2021.

PAES, M. C. D.. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf> . Acesso em: 26 maio 2021.

PEREIRA, F. M.; QUEIROZ, V. A. V.; MENDES, S. M. **Teores de água, matéria seca, cinzas, fibras FDN e lipídios em milho armazenado em paíóis da região central de Minas Gerais**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC/BIC JÚNIOR, 1., 2010, Sete Lagoas. [Trabalhos apresentados]. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/855237/teores-de-agua-materia-seca-cinzas-fibras-fdn-e-lipidios-em-milho-armazenado-em-paiois-da-regiao-central-de-minas-gerais>. Acesso em: 27 ja. 2022.

PEREIRA, L. G. R.; ANTUNES, R. C. O milho na alimentação de gado de leite. In: **IV Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite**. Belo Horizonte, MG: Escola de Veterinária, UFMG, 2007. p. 49-70. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/127154>. Acesso em: 20 jan. 2022

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L.. **Processamento e industrialização do milho para alimentação humana**. Piracicaba: Esalq - USP, 2016. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Industrializacao-artigo2.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.

ROMÃO, D. R. **Potencial de fibras de resíduo agrícola: palha de milho (Zea mays L.) para produção de celulose.** 2015. 35 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SANCHES, A. L. R.; ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. DE C. (2018). Oferta e demanda mensal de milho no Brasil: impactos da segunda safra. **Revista de Política Agrícola**, 27(4), 73-97. 2018. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1467/pdf>. Acesso em: 24 dez. 2021.

SANTOS, C.; STEVENS, D.; GONÇALVES, C. V. **Caracterização e gerenciamento de resíduos sólidos em uma indústria alimentícia.** 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Caroline_Sartori_dos_Santos_Debora_Stevens_e_Catia_Viviane_Goncalves.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SANTOS, M. P. de O.; OHARA, M. A. **Estudo cinético da pirólise da biomassa palha de milho verde.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12685#:~:text=Os%20resultados%20obtidos%20foram%20na,uma%20fonte%20alternativa%20de%20combust%C3%A> Dvel. Acesso em: 28 jan. 2022.

SILVA, M. R. et al. **Composição química de pratos à base de milho:** comparação entre dados laboratoriais e de tabelas. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 63(2):193-9, 2004

SILVEIRA, R. F. de M.. **Atividades biológicas de xilana de sabugo de milho.** 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioquímica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/12555/1/AtividadesBiol%C3%B3gicasXilana_Silveira_2010.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021.

SINDMILHO & SOJA. **Milho e suas riquezas:** história. História. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/sindmilho/sobre-o-sindmilho/curiosidades/milho-e-suas-riquezas-historia/#:~:text=Segundo%20Mary%20Poll%2C%20em%20trabalho,significa%20%E2%80%9Csustento%20da%20vida%E2%80%9D>. Acesso em: 27 maio 2021.

SOUSA, L. C. F. **Hidrólise enzimática do resíduo da fabricação de pamonha.** 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado em Biocombustíveis) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019. DOI <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.334>

STORCK, C. R. et al. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações.

Ciência Rural [online]. 2013, v. 43, n. 3, pp. 537-543. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000300027>>. Acesso em: 10 out. 2021

TAUBE, K. A. The Maize Tamale in Classic Maya Diet, Epigraphy, and Art. **American Antiquity**, v. 54, n. 1, p. 31–51, jan. 1989. <https://doi.org/10.2307/281330>. Disponível em: [https://www.mesoweb.com/publications/Works/Taube\[1989\]2018d.pdf](https://www.mesoweb.com/publications/Works/Taube[1989]2018d.pdf). Acesso em: 11 nov. 2021.

UNEP. **FOOD WASTE INDEX**: report 2021. Nairobi: ONU, 2021. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/35280>. Acesso em: 10 fev. 2022.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Pamonha**. São Paulo: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - Sbrt, 2010. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/pamonha>. Acesso em: 10 out. 2021.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Pamonha congelada**. São Paulo: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - Sbrt, 2010. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/pamonha-congelada>. Acesso em: 10 out. 2021.

URU, P. M. S. B. de. **Do milho à pamonha**. 2007. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <http://gcm.gastronomia.ufbrj.br/wp-content/uploads/2020/04/Do-milho-a%CC%81-pamonha.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

VIEIRA, R. C. *et al.* Caracterização físico-química da palha e sabugo de milho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA QUÍMICA, 5., 2012, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: Entequi, 2012. p. 1-2. Disponível em: <http://www.abq.org.br/entequi/2012/trabalhos/50/50-476-13695.html>. Acesso em: 28 out. 2021.

ZANOTTO, C.. **Caracterização de resíduo da indústria de beneficiamento de milho**. 2011. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/431>. Acesso em: 21 out. 2021.

ZIGLIO, B. E. *et al.* Elaboração de Pães com Adição de Farinha de Sabugo de Milho. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 115-128, jan. 2007. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/30>. Acesso em: 21 out. 2021.