

**URI – CAMPUS ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

RONEI CARLOS DARIVA

**PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E REOLÓGICAS DE FORMULAÇÕES DE
PÃES DE QUEIJO COM AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS**

ERECHIM, RS - BRASIL

ABRIL DE 2017

RONEI CARLOS DARIVA

**PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E REOLÓGICAS DE FORMULAÇÕES DE
PÃES DE QUEIJO COM AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre,
pelo Curso de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos, departamento
de ciências agrárias da Universidade
Regional Integrada do Alto Uruguai e das
Missões, Câmpus de Erechim.**

Orientadores: Eunice Valduga

Geciane Toniazzo Backes

ERECHIM, RS - BRASIL

ABRIL DE 2017

RONEI CARLOS DARIVA

**PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E REOLÓGICAS DE FORMULAÇÕES DE
PÃES DE QUEIJO COM AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, departamento de ciências agrárias da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Câmpus de Erechim.

Erechim, 19 de Abril de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Eunice Valduga, D.Sc.
Universidade Regional Integrada - Câmpus de Erechim

Prof^a. Geciane Toniazzo Backes, D.Sc.
Universidade Regional Integrada - Câmpus de Erechim

Prof^a. Alexandra Manzoli, D.Sc.
Universidade Regional Integrada - Câmpus de Erechim

Prof^a. Clarice Steffens, D.Sc.
Universidade Regional Integrada - Câmpus de Erechim

Prof. Luiz Carlos Gutkoski, D.Sc.
Universidade de Passo Fundo

Dedico este trabalho aos meus pais Darci e Inês e a minha namorada Lariza, pelo auxílio fraternal e amoroso, vocês fazem valer todo e qualquer esforço, sem sua assistência e equilíbrio, nada disso seria possível, e por vocês posso dizer - Mais uma etapa foi vencida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo sustento desde o início da minha vida até os dias de hoje, aos meus pais, Darci e Inês que ainda me fazem crescer muito pessoal e intelectualmente, e a minha doce namorada Lariza por me dar forças e encorajamento em todos os momentos desta jornada.

As minhas orientadoras Prof^a. Eunice e Prof^a. Geciane pela sua orientação, confiança e profissionalismo, e por todos os conhecimentos repassados sem os quais eu não teria conseguido realizar este trabalho de dissertação.

Um agradecimento especial a Prof^a. Alexandra Manzoli pela sua ajuda indispensável nas análises e interpretação dos resultados, e por todas as ideias repassadas, a Embrapa Instrumental São Carlos – SP, também as Profs. Ilisandra e Rosicler pela ajuda e pela presteza, a colega Paula Miotto pela recepção e disponibilidade e ao IFRS-Bento Gonçalves pela permissão de uso dos laboratórios e equipamentos analíticos.

A todos os professores, laboratoristas e bolsistas dos programas de graduação e pós-graduação em Engenharia de alimentos da URI Erechim que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, ficam com carinho e admiração os meus mais sinceros agradecimentos.

A Zin Pão Indústria de alimentos pela possibilidade de realizar toda a parte prática e a oportunidade de planejar a implantação do estudo em nível industrial, também pelo apoio e incentivo a minha formação profissional e acadêmica.

“Viva de tal forma que deixes pegadas luminosas no caminho percorrido, como estrelas apontando o rumo da felicidade e não deixes ninguém afastar de ti sem que leve um traço de bondade, ou um sinal de paz da tua vida.”

Joanna de Angelis

RESUMO

O pão de queijo é um produto típico da culinária mineira, que devido a aplicação de diferentes métodos de fabricação e obtenção, onde se destacam o congelamento e o uso de pré-misturas, pode ser difundido em todo mercado nacional e também internacionalmente, tornando-se uma referência da cozinha brasileira devido muito a suas características sensoriais agradáveis. O produto não tem um padrão de qualidade e identidade definidos, podendo ser produzido e comercializado de diferentes formas. O amido de mandioca é o principal ingrediente utilizado para obtenção do pão de queijo, tanto na forma nativa quanto modificada. A modificação provém melhorias no amido nativo tanto para o processo de fabricação, propiciando entre outras particularidades a maior resistência a ciclos de congelamento e reduzindo a necessidade do escaldamento para gelatinização do amido, quanto para a melhora dos parâmetros físicos do produto, como o índice de expansão, volume específico, densidade e textura. Neste contexto o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físicas, químicas e morfológicas de 2 marcas comerciais de amido nativo de mandioca e de 3 marcas comerciais de amidos modificados de mandioca e verificar sua influência nos parâmetros físico-químicos, reológicos, óticos e sensoriais de massas e pães de queijo processados e congelados em equipamentos industriais. As análises dos diferentes amidos nativos e modificados demonstrou diferenças entre os amidos estudados, tanto para composição química quanto na organização molecular e comportamento térmico, apresentando ainda diferenças estatisticamente significativas para as análises físicas dos amidos. A partir da combinação dos amidos nativos e modificados foram produzidas seis diferentes massas tendo como base uma formulação padrão, onde eram alterados os amidos utilizados. A avaliação das seis massas demonstrou diferenças significativas entre os tratamentos nas análises de cor objetiva, de pH e viscosidade. As análises dos pães de queijo moldados, providos das diferentes massas apresentou diferenças significativas para todos os atributos físicos avaliados, onde se destacou o tratamento M1 com os melhores valores para os parâmetros de densidade, volume específico e índice de expansão, seguindo estes resultados a análise sensorial apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os 6 tratamentos, e M1 se destacou positivamente perante os demais com um índice de aceitabilidade geral de 8,04 em uma escala de 1 a 9. A análise dos componentes principais demonstrou que o volume apresenta forte correlação positiva ($p < 0,05$) em relação ao volume específico, aceitabilidade e textura do produto e pH da massa, e uma correlação negativa com a densidade do produto, também pode ser observada correlação positiva entre a aceitabilidade com a dureza do produto o pH e umidade da massa.

Palavras-chave: Pão de queijo. Amido de mandioca. Amidos modificados. Reologia. Tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

The cheese bread is a typical product of Minas Gerais cuisine, which due to the application of different methods of manufacturing and obtaining, where is highlighted the freezing and the use of premixes, could be spread throughout the national market and also internationally, turning the cheese bread a reference of Brazilian cuisine due to its pleasant sensory characteristics. The product does not have a defined quality and identity standard and can be produced and marketed in different ways. Cassava starch is the main ingredient used to obtain cheese bread, both in native and modified forms. The modification provides improvements in the native starch both for the manufacturing process, propitiating among other peculiarities the greater resistance to freezing cycles and reducing the necessity of the scale for gelatinization of the starch, as well as for the improvement of the physical parameters of the product, as the index of expansion, specific volume, density and texture. In this context, the objective of this work was to evaluate the physical, chemical and morphological characteristics of two commercial brands of cassava native starch and three commercial brands of modified cassava starches and to verify their influence on physico-chemical, rheological, optical and sensorial characteristics in the dough and cheese breads processed and frozen in industrial equipment. The analyzes of the different native and modified starches showed differences between the studied starches for chemical composition and molecular organization and thermal behavior, also presenting statistically significant differences for the physical analysis of the starches. From the combination of the native and modified starches, 6 different dough's were produced based on a standard formulation, where the starches used were altered, the evaluation of the 6 dough's showed significant differences between the treatments in the optical, pH and viscosity analyzes. The analyzes of the molded cheese bread, provided by the different masses, presented significant differences for all the physical attributes evaluated, where the M1 treatment was highlighted with the best values for the parameters of density, specific volume and expansion index, following these results the sensory analyze presented statistically significant differences among the 6 treatments, and M1 stood out positively in front of the others with an overall acceptability index of 8.04 on a scale of 1 to 9. The analysis of the main components showed that the volume has a strong positive correlation ($p < 0.05$) with respect to the specific volume, acceptability and texture of the product and pH of the dough, and a negative correlation with the product density also could be observed a positive correlation between acceptability with product hardness and the dough pH and moisture.

Key-words: Cheese bread. Cassava starch. Modified starches. Rheology. Food technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo geral.....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 O pão de queijo, origem e definição	13
2.2 Principais ingredientes da massa do pão de queijo	15
2.2.1 Fécula de mandioca.....	15
2.2.2 O queijo.....	17
2.2.3 Ovos.....	20
2.2.4 Óleos e Gorduras.....	22
2.2.5 Leite e Água.....	23
2.2.6 Sal.....	24
2.2.7 Amidos.....	24
2.2.7.1 Amilose.....	25
2.2.7.2 Amilopectina.....	26
2.2.7.3 Gelatinização do amido.....	27
2.2.7.4 Retrogradação.....	28
2.2.7.5 Expansão das pastas.....	29
2.3 Amidos modificados	30
2.4 Processos de produção industrial	32
2.5 Considerações finais	33
3 MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 Material e delineamento experimental	34
3.2 Processamento dos pães de queijo	35
3.3 Caracterização dos amidos nativos e modificados	36
3.3.1 Propriedade de expansão dos amidos.....	36
3.3.2 Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento dos amidos.....	37
3.3.3 Difração de Raios X (DRX).....	37
3.3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	37
3.3.5 Medida do tamanho das partículas.....	37
3.3.5 Microanálise por Energia dispersiva de raios-X (EDX).....	37
3.3.6 Análise termogravimétrica (TG).....	38
3.4 Caracterização das massas	38
3.4.1 Cor objetiva.....	38
3.4.2 Atividade de água (Aw).....	40
3.4.3 Umidade.....	40
3.4.4 pH.....	40
3.4.5 Acidez titulável.....	40

3.4.6 Viscosidade.....	40
3.5 Caracterização dos pães de queijo moldados (antes de assar).....	41
3.5.1 Diâmetro e altura dos pães de queijo antes de assar.....	41
3.5.2 Peso dos pães de queijo antes de assar.....	41
3.6 Caracterização dos pães de queijo (depois de assar).....	41
3.6.1 Diâmetro e altura dos pães de queijo depois de assar.....	41
3.6.2 Peso dos pães de queijo depois de assar.....	41
3.6.3 Determinação do Volume dos pães de queijo.....	41
3.6.4 Volume específico dos pães de queijo.....	42
3.6.5 Densidade absoluta dos pães de queijo.....	42
3.6.6 Índice de expansão dos pães de queijo.....	42
3.6.7 Textura dos pães de queijo.....	42
3.6.8 – Estrutura do miolo dos pães de queijo.....	43
3.7 Análise sensorial.....	43
3.8 Análise estatística.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Características dos amidos.....	45
4.1.1 Propriedade de expansão dos amidos.....	45
4.1.2 Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento dos amidos.....	48
4.1.3 Difração de Raios X (DRX).....	50
4.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	53
4.1.5 Microanálise por energia dispersiva de raios-X (EDX).....	60
4.1.6 Análise termogravimétrica (TGA).....	62
4.2 Características das massas.....	64
4.2.1 Cor objetiva.....	64
4.2.2 Atividade de água (Aw), Umidade, pH e Acidez.....	68
4.2.3 Viscosidade.....	72
4.3 Características dos pães de queijo in-natura e assado.....	74
4.3.1 Caracterização física dos pães de queijo.....	74
4.3.2 Aspecto visual do miolo dos pães de queijo.....	77
4.4 Aceitabilidade das formulações de pães de queijo.....	79
4.5 Análise multivariada das características físico-químicas e sensoriais.....	81
5 CONCLUSÃO.....	85
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
APÊNDICE.....	101

1 INTRODUÇÃO

O pão de queijo é um produto de origem brasileira, desenvolvido no estado de Minas Gerais, iguaria que é considerada parte da cultura, prato típico deste estado e tem ganhado destaque no mercado nacional.

O produto teve origem em meados do século XVIII. Alguns relatos descrevem que nesta época, nas fazendas mineiras, já existia o costume de servir aos senhores o pão com café. Contudo como o sudeste brasileiro não era bom produtor de trigo, devido basicamente ao clima local não ser propício para este cultivar, unindo-se a má qualidade da farinha oriunda de outros países que chegava às fazendas da época, levou as cozinheiras mineiras a começarem a substituir a farinha de trigo por polvilho, derivado da mandioca, acrescentando ainda à massa dos pães lascas de queijo curado, endurecido e ralado, dando origem assim aos primeiros pães de queijo mineiros (CASCUDO, 1983). Existem ainda relatos de que a mais de 200 anos, escravos das fazendas mineiras faziam uma espécie de biscoito de polvilho, ainda sem acrescentar queijo à formulação e com a chegada de ovos e queijos através dos portugueses, os mineiros foram incrementando o biscoito de polvilho até chegar ao produto que conhecemos hoje (PEREIRA, 1998).

Além de um produto tradicional e muito saboroso o pão de queijo é fonte de carboidratos, proteínas, lipídios e minerais, devido a associação de diferentes ingredientes a formulação.

A possibilidade de congelamento do pão de queijo levou a grande popularização do produto, uma vez que aumentou seu *shelf-life*, facilitando sua comercialização em conveniência, padarias e supermercados de todo o país, além de possibilitar a exportação, aliando vantagens de praticidade, conveniência e redução de custos de produção. Com a redução de mão-de-obra, agilidade e flexibilidade da produção como da diminuição dos tempos de preparo nos pontos de venda.

Desta forma, o pão de queijo passou por grande expansão comercial, sendo levado a diversas regiões do país, e também do exterior, culminando em uma enorme diversidade de formulações, receitas e métodos de preparo. Hoje o pão de queijo é encontrado nas formas de massa congelada, massa moldada e congelada e pré-mistura para adição de alguns ingredientes para obtenção da massa (NAGATA, 2011).

O amido de mandioca constitui o principal ingrediente para fabricação do pão de queijo. Entretanto, as alterações decorrentes dos métodos de plantio, solo, sazonalidade, e técnicas de obtenção, fazem com que os amidos de mandioca comercializados para uso industrial apresentem características tecnológicas distintas, que afetam as propriedades reológicas da massa e a qualidade do pão de queijo.

O uso da modificação, física, química ou enzimática provêm características importantes aos amidos de mandioca, entre elas pode-se citar a maior resistência a ciclos contínuos de congelamento e descongelamento, maior estabilidade frente a temperatura, maior rendimento, melhoras nas características do gel (textura e consistência) e a solubilidade em água fria.

Industrialmente a utilização do processo de escaldo do amido de mandioca constitui um obstáculo à produção, devido aos gastos para prover o aquecimento de óleo e água, além da possibilidade de contaminação microbiana, e desta forma podem ser associados amidos de mandioca modificados pré-gelatinizados a formulação, que são solúveis em água fria e desfazem a necessidade deste processo.

Em sua maioria a literatura sobre o produto tem pouca associação com a produção industrial de pães de queijo, ficando normalmente associados a testes em escala laboratorial. Neste estudo a massa e os pães de queijo das diferentes formulações foram obtidos, modelados e congelados em equipamentos industriais. Durante o processo produtivo, flutuações nas características do produto podem ocorrer devido as diferentes propriedades dos amidos (nativos e ou modificados).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características química, física, reológicas e o comportamento térmico de diferentes amidos nativos e modificados, evidenciando a influencia destes parâmetros nas características das massas obtidas e por consequência seus efeitos nas características do pão de queijo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar as características reológicas, físico-químicas de diferentes amidos comerciais, nativos e modificados, bem como aplicá-los em formulações de pão de queijo submetidos ao congelamento.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a estrutura, composição e comportamento térmico de amidos nativos e modificados de mandioca;
- Elaborar formulações de pão de queijo com diferentes amidos nativos e modificados e analisar as características físico-químicas das massas;
- Determinar e avaliar características físicas dos produtos confeccionadas a partir de cada amido comercial;
- Realizar análise sensorial das diferentes formulações do produto a fim de verificar a aceitabilidade do produto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre o pão de queijo, incluindo os aspectos gerais sobre sua origem e definição, os principais ingredientes utilizados para confecção do produto, o sistema de produção industrial, os métodos de modificação e as principais características dos amidos modificados, além de aspectos conceituais sobre reologia em produtos alimentícios.

2.1 O pão de queijo, origem e definição

Existem registros de que há 35 anos iniciou-se em Minas um esforço de valorização da cozinha mineira como bem patrimonial e elemento de identificação de Minas face aos demais estados, onde datam desta época a expansão comercial e popularização nacional do pão de queijo (ABDALA, 2006).

A produção em escala industrial do produto ainda não possui padrões de identidade e qualidade amplamente estabelecidos, o que facilita a criação de produtos com características bastante diversificadas, que são comercializados com o nome de pão de queijo. Alguns países da América Latina possuem pães com receitas semelhantes à do pão de queijo mineiro, na Colômbia o produto é chamado de *pan de Bono*, apresentando um formato achatado. O Paraguai e Argentina também possuem um pão com receita bem semelhante, a Chipa que possui formato de "U". No Equador, existe o "*pan de yuca*", que tem o mesmo formato do nosso pão de queijo brasileiro. Outros países da Ásia, Europa e América do Norte não possuem a tradição do pão de queijo, mas algumas empresas do Brasil já estão exportando a receita brasileira (SEBRAE, 2006; CLAP, 2016).

Devido a realização da copa do mundo de futebol no Brasil em 2014, houve uma exposição mundial de todos os produtos da culinária popular do país, e o pão de queijo foi um dos produtos que teve um incremento de consumo significativo a nível mundial, associado ao fato da exposição destes produtos com a "marca" Brasil. Já é notável o crescimento da comercialização do produto em parte do varejo Britânico, por exemplo. A maior cadeia de supermercados do Reino Unido, já vende a mistura para o pão de queijo em parte da rede (ABRASEL, 2015).

O pão de queijo movimenta mais de R\$ 200 milhões no Brasil, e já está presente em 17 países, em 2014 foram produzidas 8 mil toneladas por mês no

estado de Minas Gerais, com uma demanda que não para de crescer. O sucesso do produto aumentou após o advento do pão de queijo congelado, fato ligado diretamente a manutenção das características organolépticas e aumento da vida útil do produto, aumentando o mercado consumidor, e a comercialização das misturas prontas. Ocupa o segundo lugar entre os produtos nacionais mais pedidos pelos brasileiros que vivem no exterior, hoje são mais de 500 empresas no ramo (LARA, 2014).

O pão de queijo é um produto a cada dia mais frequente na alimentação, não só de brasileiros, mas também de europeus, americanos e argentinos, e seguindo a tendência do mercado vem se modernizando com enfoque de um estilo de vida mais saudável. É um produto de panificação que apresenta como benefício uma grande fonte de energia, por causa de seu alto teor de carboidratos e grande aceitabilidade devido a suas características sensoriais, ainda tem a atribuição de ser um produto que pode ser consumido por pessoas portadoras de doença celíaca, por não possuir as proteínas (gliadina e glutenina) que formam o glúten (PEREIRA et al., 2004).

Ainda que não exista uma tecnologia padronizada, o método de fabricação adotado pela grande maioria dos produtores de pão de queijo utiliza como ingredientes básicos polvilho doce e/ou azedo, queijo, óleo e ovos, onde cada um possui uma função específica e a interação de todos visa à obtenção de um produto leve, poroso, com bom volume e de sabor agradável, a fim de ser bem aceito pelo consumidor (PEREIRA 2001; PEREIRA et al., 2004).

O pão de queijo ocupa o 3º lugar na lista dos produtos panificados mais consumidos no país, representando um percentual de 31% do total de todos os produtos desta classe comercializados no país, o quitute mineiro ainda é o mais vendido nas cafeterias, lanchonetes e padarias do Brasil, representando 15% da vitrine de todos os salgados. A famosa receita original também pode ser incrementada com bacon, peito de peru, orégano, calabresa, entre outros ingredientes. Seguindo a tendência de mercado para a oferta de produtos com apelo saudável, encontramos também variações de pão de queijo sem lactose ou com multigrãos (FOOD MAGAZINE, 2015).

Ao considerarmos que cada vez mais a população está em busca de alimentos de fácil e rápido preparo o pão de queijo apresenta vantagens de incluir ingredientes de fácil aquisição em sua formulação, além da possibilidade do

congelamento de sua massa, satisfazendo assim a necessidade desses consumidores (PIZZINATO, 2000).

De acordo com os dados de consumo per capita, no período de 2008 a 2009 a aquisição anual média de pães de queijo no Brasil foi de 0,185kg por pessoa (IBGE, 2012).

2.2 Principais ingredientes da massa do pão de queijo

A massa de Pão de Queijo deve conter obrigatoriamente, fécula de mandioca (podendo ser polvilho doce e ou polvilho azedo), queijo, ovo, óleo e ou gordura vegetal, água e ou leite e sal. Como ingredientes opcionais pode-se fazer o uso de temperos, condimentos, especiarias e outros ingredientes, desde que não descaracterizem o produto, sendo proibida a adição de corantes a massa (BRASIL, 2001).

A função dos ingredientes sobre as características de qualidade do pão de queijo são pouco conhecidas, e constituem um obstáculo na procura de padrões auxiliares de um maior controle de qualidade do produto final (PEREIRA et al., 2004).

2.2.1 Fécula de mandioca

A mandioca (*Manihot*) é uma espécie da família *Euphorbiaceae*, é uma das culturas agrícolas brasileiras mais tradicionais, cultivada em praticamente todo o território nacional. Na região Sul é onde ficam concentradas as unidades processadoras de farinha e fécula (SOUZA; MENEZES, 2004; WOZIACKI; CEREDA, 2002).

A raiz destaca-se por ser a sexta matéria prima agroindustrial mais produzida no mundo (189 milhões de toneladas). A estimativa da produção de mandioca no Brasil no ano de 2017 alcança 23,7 milhões de toneladas, aumento de 4,2% frente a 2015. A produção deve crescer 11,8% na Região Norte, com destaques para o Pará (+3,1%), Amazonas (+100,0%), Amapá (+5,2%), Acre (+3,1%) e Roraima (+0,9%) e aumentar 9,0% na Região Nordeste, Piauí (+59,2%), Ceará (+70,4%), Paraíba (+22,7%) e Bahia (+13,0%) (IBGE, 2016). O consumo médio de mandioca, no Brasil,

é de 1 kg pessoa/ano, enquanto que o consumo de farinha de mandioca chega a 3,7 kg pessoa/ano (FAO; WHO, 2006).

O Brasil ocupa a segunda posição na produção mundial de mandioca (12,7% do total). Segundo estimativas, nas fases de plantio e processamento da farinha e fécula são gerados um milhão de empregos diretos no país, proporcionando receita bruta anual equivalente a US\$ 2,5 bilhões, a parte da produção que é transformada em fécula gera receitas equivalentes a US\$ 150 milhões (SOUZA; FIALHO, 2003).

O polvilho ou fécula de mandioca é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais, neste caso a mandioca (BRASIL, 1978). O polvilho, dependendo da metodologia de fabricação e predileção do produto final, por meio de normas técnicas relativas a alimentos e bebidas, é classificado em doce ou azedo, tendo por base apenas o teor de acidez. Quanto ao produto fermentado, a acidez deve ser, no máximo, de 5mL de NaOH 1N/100g e para o não-fermentado de 1mL de NaOH 1N/100g. No que se refere as demais características, os valores são idênticos: umidade máxima de 14% p/p, teor mínimo de amido de 80% p/p e resíduo mineral fixo máximo de 0,5% p/p (ABIA, 2000).

Na Figura 1 são descritas as etapas realizadas na obtenção da fécula de mandioca.

Figura 1 – Fluxograma de processamento da fécula de mandioca



Fonte: Adaptado de Emater (2004).

A obtenção da fécula de mandioca consiste na lavagem e descascamento das raízes, moagem, extração com água, separação das fibras e do material solúvel e secagem (LEONEL; CEREDA, 2000).

A fécula de mandioca é um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. É um polissacarídeo natural, formado de cadeias lineares (amilose) e ramificado (amilopectina), constituído em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina (CEREDA; VILPOUX, 2003). É o produto mais nobre extraído das raízes da mandioca e sua utilização se dá em mais de mil segmentos, principalmente nas indústrias alimentícias, de plásticos e na siderurgia (CEPEA, 2005).

O polvilho azedo é o amido de mandioca fermentado e seco ao sol, esse amido quando misturado com outros ingredientes e ao sofrer trabalho mecânico é capaz de gerar massas que, quando assadas, se expandem sem a necessidade de adição de fermento ou de processo de extrusão (DEMIATE et al., 1998; DEMIATE; CEREDA, 2000).

Quanto à tecnologia de fabricação de pão de queijo com polvilho doce, não existe diferença com a do polvilho azedo. Contudo, no que se refere à qualidade do produto final, o pão de queijo produzido com polvilho azedo apresenta maior volume, textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, mais leve e elástico, casca lisa e uniforme quando comparado ao pão de queijo produzido com polvilho doce. Entretanto, os pães de queijo elaborados com polvilho doce apresentam maior padronização, devido as suas características físico-químicas mais estáveis (PEREIRA, 1998).

As massas produzidas com polvilho azedo tendem a liberar mais água que as de polvilho doce, o que pode influenciar na maior utilização do polvilho doce na composição de massas de pães de queijo congeladas (APLEVICZ; DEMIATE, 2007).

2.2.2 O queijo

Determina-se como queijo o produto fresco ou maturado que se obtém pela separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído, ou de soros lácteos coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactéria específica, de ácidos orgânicos, isolados ou combinados, com ou sem agregação de

substâncias alimentícias e, ou especiarias e, ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (BRASIL, 1996).

Dados reportam que sua fabricação iniciou-se há cerca de 8.000 anos, nos vales dos rios Tigres e Eufrates. Como é o caso de muitos alimentos, tem-se a suspeita de que o queijo tenha surgido de forma acidental, já que neste período o leite era armazenado em recipientes feitos com estômagos de ruminantes, e a microbiota do local teria feito o leite levedar, gerando uma pasta que daria origem aos primeiros queijos (PEREDA et al., 2005). Esta forma de obtenção do queijo é classificada por fermentação ácida, na qual o pH do leite é reduzido até o ponto isoelétrico, levando à precipitação do leite, restando a massa e o soro (LOBATO, 2012).

O processo básico de fabricação de queijos é comum a quase todos os tipos conhecidos, entretanto as variações na origem do leite, técnicas de processamento e no tempo de maturação do queijo criam a imensa variedade conhecida – estima-se que existam mais de 1.000 tipos (PERRY, 2004).

No Brasil, o consumo anual de queijos é de 5,4 Kg per capita. No ano de 2015 foram produzidas 1,105 milhão de toneladas de queijo no país, o queijo mozzarella representa cerca de 30% da produção total, enquanto os queijos curados e finos têm uma fatia bem menor, de 6,5% (ABIQ, 2015).

Os queijos podem ser divididos em queijos frescos ou maturados, sendo que a etapa de maturação consiste em uma série de processos físicos, bioquímicos e microbiológicos. Estes processos alteram a composição química dos queijos, principalmente em relação ao seu conteúdo em açúcares, proteínas e lipídios. O tempo de maturação é específico para cada tipo, podendo variar de poucas semanas até meses, e é neste processo que se desenvolvem as características organolépticas e de textura, comuns a cada um deles (PAULA; CARVALHO; FURTADO, 2009).

A maturação é feita, na maioria dos casos, em câmaras com temperatura e umidade controladas. Tradicionalmente o índice de maturação é medido pela degradação de caseína, através da avaliação da proporção entre nitrogênio total e nitrogênio solúvel. Este índice deve aumentar com o avanço da maturação. Recentemente a eletroforese capilar tem sido utilizada para acompanhar o avanço da maturação (OTTE et al., 1999).

Para a fabricação de pães de queijo destacasse o uso dos queijos: minas padrão, minas meia cura, parmesão e mozzarella. Os três primeiros por possuírem sabor marcante, responsáveis por agregar esta característica ao pão de queijo, e o último muito utilizado devido à característica de elasticidade, favorecendo a formação e textura do miolo do produto (JESUS, 1997). Esta variedade de queijos constitui um grande fator de variação nas características do pão de queijo, pois, mesmo utilizando-se de um mesmo tipo de queijo, sabe-se que não existe no país um padrão de identidade característico para este produto (OLIVERIA, 1986; PEREIRA; JESUS; LABODSIÈRE, 1996).

Queijo minas padrão: É um queijo maturado de massa crua, sem corante e prensado, tendo em média 25 dias para que ocorra sua maturação completa, com o cuidado de virá-lo todos os dias, sua vida de prateleira é relativamente longa variando de 2 a 3 meses, com um controle rígido de temperatura (ABIQ, 2012; ALBUQUERQUE; COUTO, 2005; FURTADO, 2005). Considerado pela legislação como um produto de alta umidade que varia de 46 a 50%. Essa variação é proveniente do corte de sua coalhada, que tem seu tamanho considerado como médio (ENGETECNO, 2012; FURTADO, 2005; BRASIL, 1996). Em relação à quantidade de gordura, em torno de 30%, pode ser classificado como semigordo, esse teor depende muito do processo de fabricação e procedência do leite (ENGETECNO, 2012; BRASIL, 1996).

Queijo Parmesão: Queijo de baixa umidade, de massa pré-cozida e prensada. Seu tempo de maturação é de, no mínimo, seis meses, podendo ultrapassar os dois anos. É um queijo de origem italiana, mas bastante popular no Brasil, fabricado com leite de vaca cru ou pasteurizado. Possui consistência dura e textura compacta, granulosa, com crosta firme e lisa; sua cor é ligeiramente amarelada e o sabor, levemente picante e salgado. Seu odor é suave e agradável, devendo ser armazenado em temperatura não superior a 18 °C. Tem formato cilíndrico e deve pesar entre 5 e 10 kg (CIÊNCIA DO LEITE, 2015).

Queijo Mozzarella: É um dos queijos mais fabricados e consumidos no Brasil. Produzido com leite pasteurizado, normalizado em teor de gordura. Sua massa é filada, isto é, após a remoção do soro ela é finamente fatiada, aquecida e as fatias misturadas até formar um bloco liso e homogêneo com consistência firme e compacta. Tem cor esbranquiçada e sabor levemente ácido. Seu formato e peso são variáveis e deve ser conservado sob refrigeração, em temperaturas de até 10 °C.

Apresenta, em média, a seguinte composição: 43% a 46% de umidade; 22% a 24% de gordura; teor de sal variando entre 1,6% a 1,8%; e pH entre 5,1 e 5,3 (SILVA, 2005).

O queijo em pó é uma alternativa na fabricação industrial de pães de queijo, já que confere maior qualidade e padronização ao produto final, por ser um produto com maior estabilidade, e com as mesmas características sensoriais do queijo in natura (OLMEDO, 2000).

No pão de queijo, o queijo contribui para o aroma e o sabor típicos dos produtos (PEREIRA; JESUS; LABODISIÈRE, 1995), complementando a estruturação do miolo e auxiliando na obtenção de melhor textura do produto final (PEREIRA; JESUS; LABODISIÈRE, 1995; ZELAYA, 2000), pois contribui para a elasticidade e melhor aspecto da casca, além de conferir uma maior maciez e uniformidade às células do miolo (JESUS, 1997).

Estes 4 queijos são os mais utilizados na fabricação industrial de pães de queijo, entretanto nada impede que sejam utilizados outros na formulação da massa, ou mesmo que sejam feitas misturas de diferentes queijos para uma mesma formulação, cada um por ter características específicas de sabor, umidade, teor de gordura, vão também modificar as características da massa e do próprio pão de queijo, como textura da massa, desenvolvimento, formação do miolo, coloração da casca e sabor, tudo dependendo das características do produto que se deseja obter.

2.2.3 Ovos

O ovo é um alimento saudável e de valor nutricional considerável. A produção de ovos processados é uma alternativa que facilita o manuseio, transporte e armazenamento, fornecendo um alimento seguro e de qualidade, por meio de técnicas de processamento tem-se obtido esse produto na forma líquida ou em pó. Com a produção de ovos líquidos pasteurizados eliminam-se inconvenientes como a necessidade de espaço adequado para estocagem, perdas por causa do manuseio incorreto e problemas com higiene por parte das indústrias alimentícias. Na pasteurização, ocorre a destruição de microrganismos patogênicos, praticamente sem alterar as características do produto. A partir do ovo líquido puderam ser desenvolvidos outros produtos, como o ovo desidratado, nas formas integral ou

gema e clara separadas, que suportam longos períodos de estocagem sem refrigeração (PASTORE et al., 2011).

Apesar de não ser considerado ingrediente básico o ovo é largamente utilizado em produtos de panificação, em varias funções. Dão sabor, cor e contribuem para a formação da estrutura da massa, incorporam ar quando batidos, providenciam líquido, gordura e proteína e atuam como emulsificante da gordura e ingredientes líquidos. Por conter gordura a gema confere maciez ao produto, enquanto que a clara ajuda no volume. São usados para aglutinar ingredientes, e entre outras funções conhecidas podemos citar, o poder de clarificação e o potencial de retardar a cristalização dos produtos onde são incluídos em sua formulação (FIB, 2009). Servindo também como agente corante e de sabor e aroma, quando adicionado à massa produz pães de queijo com melhor estrutura, textura mais leve e aerada, maior volume, característica de liga, cor amarela natural, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais (LEME, 2000; ZELAYA, 2000).

Uma das funções mais importante que os ovos apresentam é a capacidade emulsificante, já que apresentam lecitina em sua composição. Em produtos a base de amido o efeito emulsificante é verificado com a diminuição da tendência a retrogradação, principalmente da amilose, que se mantém quimicamente livre da associação com outras moléculas de amilose e amilopectina (MINIM et al., 2000).

Formulação de pães de queijo sem ovos tentem a gerar pães de queijo mais pesados e também mais duros, típico de produtos amiláceos sem adição de emulsificantes, que estão presentes na gema do ovo pelos fosfolipídios, lipoproteínas e proteínas. A ausência dos lipídios do ovo compromete bastante os pães de queijo, não possibilitando a obtenção de um produto com densidade apropriada (PEREIRA et al., 2004).

A ausência de ovos nos pães de queijo resulta em um produto de menor peso específico, menor índice de expansão e menor diâmetro, mesmo quando a massa é desenvolvida com diferentes tipos de féculas, o que ressalta a importância do ovo, não só na plasticidade da massa, mas também na capacidade da massa em reter os gases evaporados no forneamento (PEREIRA et al., 2004).

O pão de queijo tem sua qualidade alterada devido a quantidade de ovo em sua formulação, porém não existe uma diferença considerável se for usado de forma resfriada, congelada ou desidratada (LEME, 2000).

2.2.4 Óleos e Gorduras

Os óleos e as gorduras são nutrientes essenciais na dieta humana e fontes concentradas de energia. Fornecem aproximadamente 9 Kcal/g enquanto comparados com aproximadamente 4 Kcal/g proveniente das proteínas e carboidratos. São insolúveis em água, porém solúveis em muitos solventes orgânicos, como o hexano, tetracloreto de carbono, éter de petróleo e o éter etílico. O termo gordura se refere a substâncias com predomínio de glicerídeos de ácidos saturados e que são sólidas e semissólidas a temperatura e pressão normais, já os óleos por terem prevalência de glicerídeos de ácidos insaturados são líquidos nestas condições. As gorduras podem ser separadas segundo sua origem em animal e vegetal (LAWSON, 1995; CASTRO, 2014).

Quimicamente são ésteres, e o componente alcoólico é invariavelmente o glicerol e o componente ácido é formado por ácidos monocarboxílicos não ramificados (ácidos graxos). Sendo um triol, o glicerol pode formar mono, di ou tri-ésteres. Tais ésteres são denominados como mono, di ou tri-glicerídeos. Os glicerídeos geralmente contêm dois ou três ácidos graxos diferentes. Portanto, os óleos e gorduras são misturas de glicerídeos de diversos ácidos graxos, (ésteres de glicerol), cuja composição é dependente do tipo e origem da matéria prima (CASTRO, 2014).

Normalmente os óleos e gorduras possuem mais de 10 carbonos na cadeia, podendo ter ou não ligações duplas, são monocarboxílicos, tem número par de átomos e conforme a cadeia de átomos de carbono podem ser classificados em ácidos graxos insaturados e ácidos graxos saturados (CASTRO 2014).

No que se refere a importância tecnológica, os óleos e as gorduras conferem sabor aroma e palatabilidade aos alimentos, além das melhorias na textura, por conferir maciez ajudam na manutenção da mesma durante a estocagem pela retenção da umidade do produto (STEEL; SILVA; KIM, 2007).

Em geral em produtos de panificação as gorduras contribuem para as propriedades de mastigação, dão maior brilho e melhoram a aparência além de atuar no valor nutricional, sendo a maior fonte de energia presente nos alimentos (AGUIAR 1995; EL DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982).

Na massa do pão de queijo, a gordura atua como um lubrificante molecular, ajudando a massa a ter maior extensibilidade, contribuindo para maior elasticidade e

melhor textura do miolo. Além disso, melhora o aspecto da crosta, sendo que a adição de gordura vegetal produz massa menos oleosa e o produto obtido apresenta maior elasticidade e melhor aspecto quando comparado à adição de óleo de soja (CANAVESI et al., 1997). As massas de pão de queijo com quantidade insuficiente de óleos e gorduras requerem uma maior quantidade de água para produzir uma massa de boa consistência e proporcionar produtos macios (PEREIRA et al., 2004).

A incorporação de óleo e ou gordura na massa do pão de queijo aumenta o volume e modifica a textura do produto, tornando-o mais macio e aveludado e com estrutura da casca mais uniforme e lustrosa, melhorando a aparência do produto e mantendo sua maciez por um período mais prolongado. Porém, ao se adicionar percentual de gordura acima de 30% da quantidade de fécula, o produto tende a ficar granuloso e com intensa exsudação de gordura durante o forneamento, além de acentuado sabor de óleo (PEREIRA, 1998; GONÇALVES, 2000).

2.2.5 Leite e Água

O leite é uma solução de diversos elementos sólidos em água. Os elementos sólidos representam aproximadamente 12 a 13% do leite, e a água aproximadamente 87%. Os principais elementos sólidos do leite são lipídios (3,5% a 5,3%), carboidratos (4,7% a 5,2%), proteínas (3% a 4%), sais minerais e vitaminas (1%) (BRITO et al., 2009).

O leite tem sido utilizado na fabricação do pão de queijo substituindo parcial ou totalmente a água, (PEREIRA; JESUS; LABODSIERE, 1995) sendo que a gordura presente no leite confere melhor aparência ao produto final e as proteínas contribuem para a maciez e umidade (COCUP, 1987; PEREIRA; JESUS; LABODSIERE, 1996).

Ao dar-se preferência ao leite na mistura para o escaldamento da massa dos pães de queijo obtém-se pães com melhor textura, maciez, coloração da casca e aumento do valor nutricional (MACHADO; PEREIRA, 2010).

O leite propicia massas mais finas e homogêneas, devido ao teor e composição em lipídeos, aumentando a uniformidade da massa, e as proteínas do leite favorecem a reação de Maillard, realçando a cor do produto assado. (MINIM et al., 2000).

A água é utilizada na fabricação do pão de queijo para dissolver os ingredientes solúveis. A quantidade de água é fundamental para o inchamento do grânulo de amido e depende dos demais ingredientes da fórmula e do processo utilizado, constituindo o meio dispersante para os outros ingredientes da formulação, além de favorecer o crescimento do pão durante o assamento (PEREIRA, 1998).

2.2.6 Sal

O sal contribui sensorialmente atribuindo sabor aos alimentos ao ativar as papilas gustativas da língua. Normalmente na produção de pães de queijo emprega-se o cloreto de sódio iodado, é comum o uso de proporções entre 1 a 2,5% em relação a quantidade de polvilho (JESUS, 1997; PEREIRA, 1998).

2.2.7 Amidos

O amido é a principal substância de reserva nas plantas superiores, é um polímero de elevado peso molecular, ocorrendo tanto nos órgãos de reserva quanto em grãos de cereais e em tubérculos, sendo que os grânulos destas diferentes fontes vão variar em forma, composição e tamanho. Sabe-se ainda que o amido fornece entre 70 a 80% das calorias consumidas pelos homens (CEREDA, 2002; HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

Quanto às características físico-químicas e funcionais, estão diretamente relacionadas as propriedades estruturais do grão, dependendo entre outros fatores da forma botânica, local e condições de crescimento (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996).

Pequenas quantidades de amido podem ligar uma grande quantidade de água, trazendo alterações desejáveis na textura de produtos alimentícios, atuando como estabilizantes e modificadores de textura, tornando-se assim ingredientes muito atrativos por serem naturais e estáveis (MISHRA; RAI, 2005).

O amido pode ser proveniente de diversas plantas, sendo que a mandioca é a segunda fonte mais produzida no mundo, perdendo somente para o milho (VILPOUX, 2003).

O grânulo de amido é formado por duas macromoléculas que são a amilose e a amilopectina, estas moléculas conferem a organização física e as conhecidas

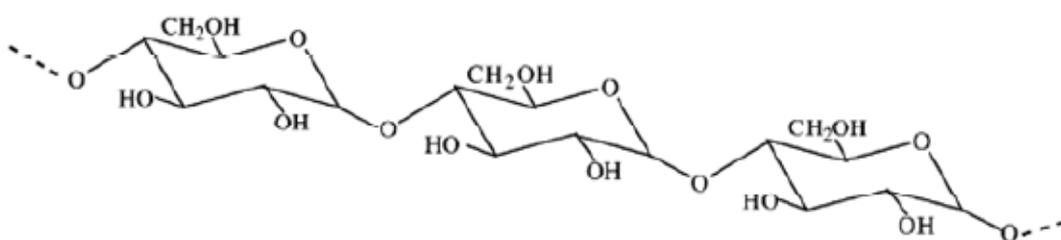
funcionalidades ao produto (BELLO-PÉREZ; MOTEALVO; ACEVEDO, 2006). As proporções destas macromoléculas diferem devido a fonte vegetal e de acordo com o grau de maturação da planta (ELIASSON, 2004; TESTER, KARKALAS; QI, 2004). A maioria dos amidos contém entre 20 e 30% de amilose e 70 e 80% de amilopectina (BILIADERIS, 1991).

As raízes de mandioca contém 20-30% de amido, presente no parênquima da mandioca na proporção de 70-91% do seu peso seco, e na casca entre 45-59%, sendo que 17 a 25% destes valores são de amilose, seus grânulos são arredondados, variando de 5 a 27 μ m de diâmetro, com baixa retrogradação e sinérese (SALUNKHE; KADAM, 1998; CEREDA, 2002).

2.2.7.1 – Amilose

A amilose é um polímero linear formado por unidades de D-glicose, que por sua vez são unidas entre si por ligações glicosídicas α (1 \rightarrow 4), como apresentado na Figura 2. O grau de polimerização está usualmente na faixa de 500-6000 unidades de glicose (JACOBS; DELCOUR, 1998; BULÉON et al., 1998; AHMAD et al., 1999; HOOVER, 2001).

Figura 2 - Estrutura química da amilose



Fonte: Muralikrishna e Nirmala (2005).

Esta macromolécula apresenta facilidade para adquirir uma conformação helicoidal, já que as cadeias de α -D-glicose costumam enrolar-se em espiral, formando uma estrutura na qual a hélice é formada por pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxilas das moléculas, o interior das hélices possuem átomos de hidrogênio, tornando-o hidrofóbico e permitindo a formação de complexos com ácidos graxos livres, álcoois e iodo. No caso de complexos de ligação entre amido e

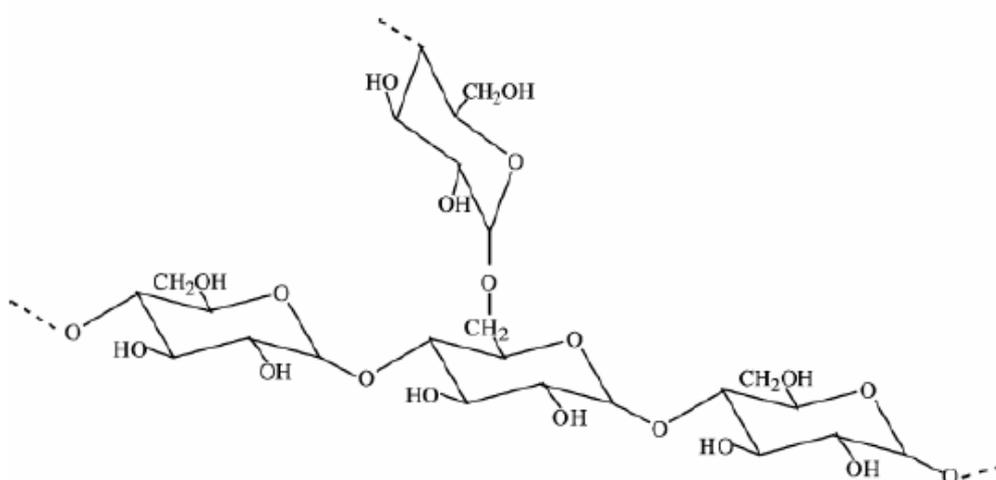
lipídios acredita-se que a parte alifática do ácido graxo fica no interior da hélice de amilose, estes complexos afetam a temperatura de gelatinização do amido, textura e viscosidade da pasta e limitam a retrogradação (THOMAS; ATWEEL, 1999).

A hélice de amilose é composta em média de 6 resíduos de glicose por volta e uma cavidade hidrofóbica com diâmetro de 0,5nm (HOOVER, 2001). A quantidade de amilose para o amido de mandioca fica na faixa de 18,6 a 23,6% (DEFLOOR; DEHING; DELCOUR, 1998).

2.2.7.2 Amilopectina

A amilopectina é uma molécula grande e bastante ramificada, possui uma das maiores massas moleculares conhecidas entre os polímeros naturais, com peso molecular na ordem de 10^7 - 10^9 Da (KARIM; NORZIAH; SEOW, 2000). Sendo formada por várias cadeias constituídas de 20 a 25 unidades de α -D-glicose ligadas em α (1 \rightarrow 4); essas cadeias, por sua vez, estão unidas entre si por ligações α (1 \rightarrow 6), constituindo de 4-5% do total de ligações glicosídicas (WHISTLER; BEMILLER, 1997; BULÉON et al., 1998; FRANCO et al., 2001; HOOVER, 2001). Na Figura 3 é apresentada a estrutura química da amilopectina.

Figura 3 – Estrutura química da amilopectina



Fonte: Muralikrishna e Nirmala (2005).

As ligações ramificadas da amilopectina formam duplas hélices que são arranjadas nos domínios cristalinos do amido (SARKO; WU, 1978). A ordem

molecular no grânulo de amido consiste em dois tipos de hélices das cadeias laterais (ATICHOKUDOMCHAI; VARAVITNIT; CHINACHOTI, 2002).

A região onde se encontra a amilopectina é a mais densa e cristalina do amido, esta região é compacta o que dificulta a entrada de moléculas de água e enzimas, apresentando maior resistência ao processo hidrolítico. As propriedades e potencial de aplicação do amido variam em detrimento da razão amilose/amilopectina, da ramificação de suas cadeias e o tamanho dos grânulos formados (CEREDA et al., 2001).

2.2.7.3 Gelatinização do amido

Quando em contato com água fria os grânulos de amido incham ligeiramente devido a difusão e absorção de água pelas regiões amorfas, porém este é um processo reversível. Entretanto, quando os grânulos são aquecidos a maiores temperaturas estando em contato com a água, se atinge um ponto onde os grânulos absorvem água em um processo irreversível, perdendo sua ordem estrutural. A perda da estrutura leva a mudanças moleculares e aumento na viscosidade da mistura. A ruptura da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e solubilização das moléculas de amido, definem o final do processo de gelatinização (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

Durante a gelatinização as ligações de hidrogênio mais fracas do amido são rompidas e a absorção de água resulta em um intumescimento, porém as áreas mais ordenadas permanecem intactas, sendo responsáveis por manterem a estrutura do grânulo. As moléculas de amilose são solubilizadas e passam para a solução, se nesta etapa aplicar-se atrito os grânulos se rompem e uma pasta é formada, causando inchaço granular, fusão de cristais, perda de birrefringência e solubilização do amido (ATWELL et al., 1988).

Denomina-se temperatura de gelatinização a temperatura em que o amido começa a sofrer mudanças estruturais após a absorção de água. A temperatura de gelatinização não é um parâmetro específico, já que nem todos os grânulos de amido gelatinizam a mesma temperatura. Em geral a temperatura de gelatinização de amidos de mandioca (52-65°C) é menor do que amidos de cereais como o milho (62-80°C) (THOMAS; ATWELL, 1999).

A gelatinização é um processo endotérmico, e por este motivo, métodos de análises térmicas são utilizados amplamente para estudar alguns fenômenos envolvidos, em particular a calorimetria diferencial de varredura (DSC), tem sido amplamente usada, para o estudo de transição de fase nos sistemas aquosos do amido (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

2.2.7.4 Retrogradação

As interações moleculares que ocorrem após a gelatinização e após o resfriamento da pasta podem ser chamadas de retrogradação. Estas interações são dependentes do tempo e da temperatura (HOOVER, 2001).

O envelhecimento do gel ou o sucessivo congelamento e descongelamento faz com que as cadeias de amido tenham uma tendência para interagir fortemente entre si, expulsando a água livre para fora do gel formado, este processo é chamado de sinérese. O gel torna-se mais opaco com a evolução da retrogradação (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006; HOSENEY, 1994).

A retrogradação pode ser influenciada pela fonte do amido, concentração, ciclos de aquecimento e resfriamento, pH e a presença de solutos como lipídios, íons e açúcares (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2004).

As mudanças ocorridas nos grânulos de amido durante a gelatinização e retrogradação são fundamentais na determinação do comportamento de pasta destes amidos, definindo assim as características do amido e seu potencial de utilização (THOMAS; ATWELL, 1999).

2.2.7.5 Expansão das pastas

Alguns amidos tem a capacidade de expandir as massas durante o forneamento, sendo esta uma propriedade singular em produtos panificáveis, ao exemplo do polvilho azedo, que adquire a capacidade de expansão pelo processo de fermentação natural. Esta expansão não envolve a rede de glúten ou produção de CO₂ por compostos de fermentação, como o que ocorre na fermentação convencional (CEREDA et al., 2001; CAMARGO et al., 1998; DEMIATE et al., 2000). A expansão é relacionada com a vaporização de água e a fluidez da pasta, a massa predominantemente líquida é transformada em estrutura alveolar de densidade

reduzida durante o assamento e desenvolve uma coloração superficial. A gelatinização do amido e a perda de água durante o forneamento acabam estabilizando a pasta (BERTOLINI et al., 2001a).

Na produção do polvilho azedo ocorre a despolimerização do amido de mandioca, a oxidação do amido causa cisão das ligações glicosídicas e oxidação dos grupamentos hidroxílicos em grupamentos carboxilas e carbonilas (BERTOLINI et al., 2001b). A oxidação causa alteração do poder redutor das moléculas e da viscosidade, sinérese e claridade das pastas (APLEVICZ; DEMIATE, 2007). Estas alterações favorecem a formação de uma massa ou matriz amorfa por ligações de hidrogênio, tendo como consequência boa expansão do amido durante o assamento (BERTOLINI; MESTRE; COLONNA, 2000; VATANASUCHART et al., 2005).

A temperatura de gelatinização é o que determina o ponto de expansão das massas de amido de mandioca, enquanto que a perda de água por evaporação durante o forneamento determina o aumento da perda de peso destas massas (BEROLINI et al., 2001a).

2.3 Amidos modificados

O amido, mesmo sendo muito utilizado na indústria de alimentos, na forma nativa tem dificultada sua utilização por algumas características, entre as quais pode-se citar: a insolubilidade em água fria, baixa estabilidade frente a ciclos de congelamento e descongelamento e forte tendência a retrogradação. A modificação vem para suprimir algumas destas características, como melhorias nas propriedades reológicas das pastas, da textura dos géis e da retenção de água (THARANATHAN, 2005).

Alterações nas propriedades tecnológicas dos amidos podem ser obtidas por processos físicos tais como tratamento térmico, exposição a radiações ou por processos químicos, nos quais se empregam reagentes específicos para alterar a estrutura das macromoléculas componentes do amido. Ainda há a possibilidade de serem empregados processos enzimáticos (WHISTLER; BEMILLER, 1997).

Dentre as várias funções do amido após sua modificação pode-se citar a resistência de suas pastas a ciclos contínuos de congelamento e descongelamento, além de prover melhorias na estrutura, sabor e aumentos na vida útil de diversos alimentos (ANDRADE, 2012).

A modificação do amido por acetilação diminui as ligações entre as moléculas do amido, promovendo a gelatinização em temperaturas mais baixas. Os amidos obtidos por esta modificação são usados em alimentos armazenados em temperatura de congelamento (-18°C), tornando-os mais resistentes a retrogradação, aumentando o poder de inchamento e diminuindo, além de melhorar a qualidade do gel (AZIZ et al. 2004; SINGH, KAUR e SINGH, 2004), a tendência hidrofílica e desenvolver a capacidade de absorção de óleo (LAWAL, 2004).

O grau de acetilação do amido depende de fatores como a fonte de amido, a concentração de reagente, o tempo de reação, o pH do meio e a presença de um catalizador (SINGH, KAUR e SINGH, 2004). Quanto maior o grau de acetilação maiores são as mudanças físico-químicas e funcionais providas aos amidos acetilados em comparação aos amidos nativos (PHILLIPS et al., 1999).

Os amidos modificados pela forma química são considerados aditivos alimentares, e devem ser mencionados na lista de ingredientes como amidos modificados. Já os amidos naturais e modificados por via física ou enzimática são mencionados como amidos, segundo a RDC nº 259 de 20 de setembro de 2002 (BRASIL, 2002).

Outro processo de modificação é o método enzimático, que transforma os amidos em dextrinas, maltose e glicose, usados nas industriais de bebidas (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

Os amidos podem ainda ser modificados por pirodextrinas, preparadas com a torrefação do amido, produto que apresenta alta solubilidade em água fria (SWINKELS, 1996).

Apesar de os amidos modificados por forma física apresentarem vantagens, são poucos os dados na literatura sobre tais modificações, existindo um número muito maior de pesquisas e patentes referentes a modificações químicas (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

Os amidos pré-gelatinizados são obtidos pela gelificação do amido e posterior retirada do teor de água, o que permite que os amidos sejam solúveis em água fria e ou quente, sendo de grande valia para processos industriais (CEREDA, 2002). As modificações ácidas diminuem a viscosidade da pasta formada (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

O amido nativo de mandioca pré-gelatinizado é empregado na confecção de alimentos industrializados, de cocção rápida e fácil digestão. O amido nativo de

mandioca quando modificado por métodos físicos leva a obtenção do amido pré-gelatinizado, o qual tem a propriedade de se dispersar em água sem a necessidade do aquecimento, ou escaldo da massa quando da confecção de pães de queijo. Este tipo de amido pode ser utilizado em associação com a fécula de mandioca ou polvilho azedo, conforme o desejado (CEREDA, 1996; ALARCÓN; DUFOUR, 1998; SANTOS, 2006).

Os amidos pré-gelatinizados comerciais são obtidos através do cozimento de amidos nativos em processos com condições controladas, como o *jet-coolling* e o *spray-drying*. A secagem não elimina totalmente a água ligada e a que permanece é suficiente para permitir a entrada de mais água fria, pois as moléculas de amilose e amilopectina estão afastadas entre si pelas moléculas de água residual (SHIM; MULVANEY, 2002).

2.4 Processos de produção industrial

Ainda não existe um processo de fabricação padronizado para a produção de pães de queijo. Teoricamente, o processo envolve as etapas de escaldamento do polvilho, mistura, modelagem, congelamento, embalagem, estocagem e assamento (PEREIRA; JESUS; LABODSIÈRE, 1997).

O escaldamento consiste em adicionar ao polvilho água ou leite quente, acompanhados ou não por óleo e por sal. O escaldamento tem o objetivo de permitir que a massa seja mais bem trabalhada durante a etapa de moldagem, resultando em pães de queijo macios, que assam num período de tempo menor (PEREIRA, 2001).

A etapa de mistura se inicia após o resfriamento do polvilho escaldado, nesta etapa procede-se com a adição dos ovos e o queijo. Nesse processo ocorre incorporação de ar a massa, que irá participar da expansão do volume e melhorar a textura do produto assado (PEREIRA, 2001). Na mistura, o ideal é que a massa não apresente textura dura, nem pegajosa, quanto ao tempo de mistura: o mesmo deve ser o suficiente para que a massa atinja a consistência desejada e a completa mistura de todos os ingredientes (PEREIRA, 2001; PIZZINATO, 2000; ROMANIELLO, 2000).

Após a mistura, o produto é moldado manualmente ou através de equipamentos apropriados, em formatos de bolas ou pequenos cilindros que variam de peso dependendo do tipo de pão de queijo a ser produzido (JESUS, 1997).

Depois da moldagem, os pães de queijo são congelados, na produção industrial usam-se prioritariamente o sistema rápido com nitrogênio líquido, dióxido de carbono ou correntes de ar frio (CLARETO, 2000). Nestes tipos de congelamento ocorre um abaixamento brusco da temperatura e, geralmente, o processo se completa em alguns minutos. Por ser um processo rápido praticamente não ocorrem alterações na qualidade do alimento durante o congelamento, já que são formados um número muito grande de pequenos cristais de gelo intracelulares, que não alteram de maneira significativa a textura do produto, que tende a apresentar crosta lisa, macia e miolo com células bem formadas (POTTER, 1995; CLARETO, 2000).

Depois de congelada, a massa moldada é embalada e armazenada, mantendo a temperatura de estocagem a no mínimo -18°C (PIZZINATO, 2000).

2.5 Considerações finais

A produção do pão de queijo no Brasil está em crescimento constante e com grande capacidade de se desenvolver muito nos próximos anos, uma vez que existe um público consumidor ainda pouco explorado no mercado externo, em razão de que o pão de queijo, apesar de ser tradicionalmente brasileiro, possui características organolépticas capazes de serem bem recebidas e apreciadas em qualquer lugar do mundo.

Entretanto, apesar de ser um produto bastante conhecido no país e com um grande potencial de comercialização, existem ainda lacunas a serem investigadas quanto ao processo industrial de pães de queijo, bem como, características reológicas da massa e do produto. A grande parte dos trabalhos não leva em consideração o processo de produção industrial, o qual conta com muitas particularidades que não são contempladas no meio científico.

O pão de queijo ainda não tem padrões de qualidade estabelecidos, o que se busca é a manutenção dos parâmetros subjetivos definidos pela empresa produtora, no entanto as constantes variações decorrentes das matérias primas usadas na confecção da massa do produto causam desvios no processo produtivo e nas características do miolo, da casca, de textura, crescimento, porosidade e até sabor do produto. Por tudo que já foi evidenciado na revisão, os amidos tem papel

fundamental na manutenção destas características e na qualidade do pão de queijo, entretanto pequenas flutuações nos parâmetros físico-químicos dos amidos de mandioca acabam por causar variações no produto final, variações estas ainda pouco conhecidas e exploradas na literatura.

Neste âmbito, se justifica a importância do presente trabalho, com o intuito de avaliar a composição e comportamento de diferentes amidos nativos e modificados e sua relação com a qualidade do pão de queijo produzido em escala industrial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material e delineamento experimental

Neste estudo foram utilizadas duas marcas comerciais de amido nativo de mandioca (fécula de mandioca) (fécula de mandioca 1 (F1) e fécula de mandioca 2 (F2)) e três diferentes marcas comerciais de amidos de mandioca modificados obtidos por acetilação e pré-gelatinizados (amido modificado acetilado pré gelatinizado 1 (AM1), amido modificado acetilado pré gelatinizado 2 (AM2) e amido modificado acetilado pré gelatinizado 3 (AM3)). Tanto os amidos nativos quanto os amidos modificados foram obtidos de fornecedores do mercado interno. O óleo de soja (Bunge-Soya, Argentina), sal (Diana, PR, Brasil), queijo parmesão (Sheneider, RS, Brasil), queijo parmesão desidratado (Lelo, MG, Brasil), ovo líquido pasteurizado (Pasterovos, SC, Brasil), soro de leite em pó (Aurora, SC, Brasil) e margarina (Coamo, PR, Brasil).

Com estes ingredientes foram previamente desenvolvidas seis formulações, com os amidos escolhidos ao acaso, M1 (F1 e AM1), M2 (F1 e AM2), M3 (F1 e AM3), M4 (F2 e AM2), M5 (F2 e AM3) e M6 (F2 e AM1), para os tratamentos, onde manteve-se inalterada a proporção de cada ingrediente na formulação padrão (Tabela 1), alterando-se os amidos nativos de mandioca entre as 2 marcas comerciais e as 3 marcas de amidos modificados acetilados pré-gelatinizados de mandioca citados.

Tabela 1 – Formulação padrão dos pães de queijo

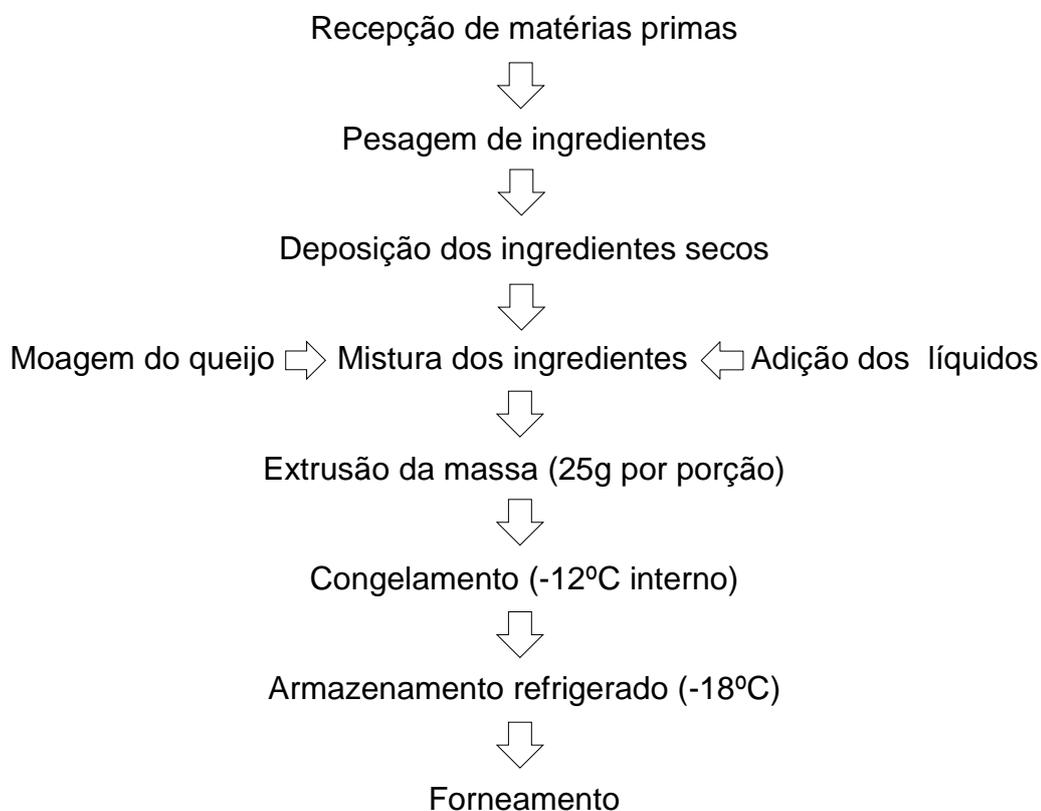
Ingredientes	Quantidades
Amido Nativo*	2,5kg
Amido modificado acetilado pré-gelatinizado*	375g
Óleo de soja	900g
Margarina	50g
Soro de leite em pó	75g
Sal	200g
Queijo parmesão desidratado	50g
Ovo líquido pasteurizado	1,0kg
Água	2,3L
Queijo parmesão	400g

* Variação entre diferentes tipos de amidos nas distintas formulações

3.2 Processamento dos pães de queijo

Os pães de queijo foram produzidos em uma indústria local situada no município de Erechim, RS. O processamento tecnológico seguiu basicamente as etapas de: pesagem de matéria-prima, mistura dos ingredientes, obtenção da massa, extrusão, modelagem, congelamento e forneamento, sendo as etapas descritas abaixo de forma detalhada. A Figura 4 apresenta o fluxograma do processo de elaboração de pão de queijo.

Figura 4 – Fluxograma dos processos de produção dos pães de queijo



Fonte: O autor (2016)

Primeiramente, efetuou-se a pesagem de todos os ingredientes "secos": amido nativo, amido modificado, soro de leite em pó, sal, margarina, queijo parmesão e queijo parmesão desidratado.

A confecção da massa iniciou-se com a pesagem e adição do óleo de soja e, após, a introdução dos ingredientes secos, os mesmos foram homogeneizados em amassadeira espiral (Superfecta, AE25kg, Brasil).

Depois de decorrido 2 min de mistura dos ingredientes foi adicionada a água, seguindo com mistura por mais 3 minutos, com posterior adição do ovo líquido pasteurizado e mistura por mais 15 minutos.

A massa foi retirada da masseira, depositada em caixa plástica e conduzida até a extrusora de pães de queijo. Após a moldagem (25g por porção) os pães foram acondicionados em bandejas de nylon e encaminhados para congelamento rápido, até atingir a temperatura interna de -15°C e, então, armazenados sob refrigeração em temperatura de congelamento (-18°C), até o momento da cocção.

Os pães de queijo foram assados em forno a gás modelo turbo gás V200 (Lieme, RS, Brasil) a 170°C por 30 minutos com posterior acionamento da turbina por 4 minutos.

3.3 Caracterização dos amidos nativos e modificados:

Os amidos nativos e modificados foram caracterizados por análise de microscopia granular (MEV) estrutura física (DRX), análise elementar (EDX), térmica (TG), propriedade de expansão e resistência a ciclos de congelamento e descongelamento.

3.3.1 Propriedade de expansão dos amidos

Na obtenção das massas para avaliação da propriedade de expansão, 12 g de amido foram parcialmente gelatinizados com 10 mL de água deionizada em ebulição. Após a homogeneização manual do amido, a massa foi dividida em três esferas com pesos iguais, sendo levadas a um forno elétrico pré-aquecido a 200°C e assadas por 25 minutos. As esferas expandidas e resfriadas foram pesadas, impermeabilizadas com parafina fundida e seus volumes medidos pelo deslocamento de água em proveta graduada. O resultado da expansão foi expresso em volume específico, em mL/g (DEMIATE; CEREDA, 2000).

3.3.2 Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento dos amidos

As amostras em pó foram suspensas na proporção de 8 % (p/p) em água deionizada, gelatinizadas e mantidas em água fervente e agitação por 10 minutos. O

gel foi dividido em três porções de 50 g e congelado ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) em embalagens plásticas herméticas. As amostras foram submetidas a três ciclos de congelamento; cada um de 72 h. Todas as amostras, do primeiro, segundo e terceiro ciclo, foram congeladas a -18°C e descongeladas a 45°C por três horas (CEREDA; WOSIACKI, 1985).

3.3.3 Difração de Raios X (DRX)

Para a caracterização da estrutura física dos amidos em pó foi utilizada a técnica de difração de raios X (DRX), empregando um difratômetro 6000 da Shimadzu XRD com radiação $\text{CuK}\alpha$ de 10° até 80° (2θ) a $2^{\circ}\text{ min}^{-1}$.

3.3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV):

A morfologia dos amidos nativos e modificados em pós foi analisada em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo JSM6510/JEOL. Para o recobrimento da superfície das amostras com ouro foi utilizado um metalizador Balzer, SCD 050.

3.3.5 Medida do tamanho das partículas

Depois de obtidas as imagens de MEV realizou-se a determinação do tamanho das partículas com uso do *software Sizermeter* (Software Solutions, Versão 1.1).

3.3.6 Microanálise por Energia dispersiva de raios-X (EDX)

Para a análise elementar ou caracterização química das amostras foi utilizado a espectroscopia por fluorescência de raio X que se baseia na investigação de uma amostra através de interações entre partículas ou radiação eletromagnética e matéria, analisando os raios X emitidos pela matéria em resposta à incidência de partículas carregadas. A análise foi realizada em EDX, modelo EDS 6742A/Thermo Scientific acoplado ao Microscópio Eletrônico de Varredura Zeiss, modelo JSM6510/JEOL.

3.3.7 Análise termogravimétrica (TG)

As análises térmicas (TGA) dos diferentes amidos foram feitas no equipamento Q500 TA Instruments em atmosfera de ar sintético com fluxo de 60 mL.cm⁻¹. As amostras foram aquecidas a partir da temperatura ambiente até 600°C com taxa de aquecimento de 10°C/minuto.

3.4 Caracterização das massas

As massas de pão de queijo, foram caracterizadas quanto a cor, umidade, atividade de água, pH, acidez e viscosidade.

3.4.1 Cor objetiva

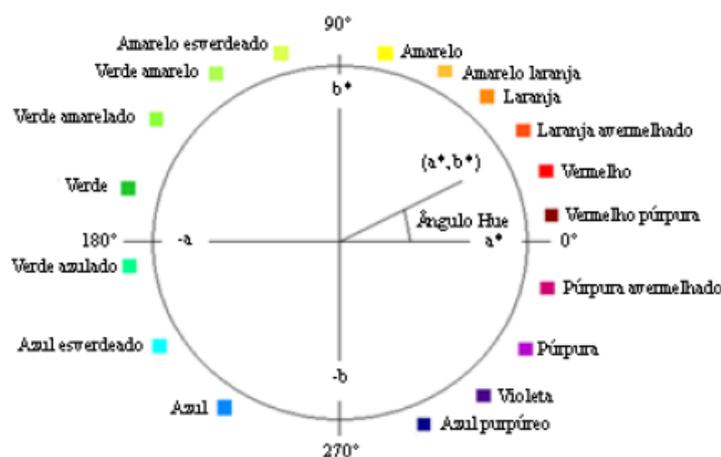
A cor objetiva foi determinada em colorímetro *CR-400 Minolta Chromameter* (Minolta Cia Ltda.), no espaço CIE L*a*b*, onde L* = luminosidade, a* = intensidade da cor vermelha e b* = intensidade da cor amarela, como demonstrado nas Figuras 5 e 6.

Valores estes obtidos diretamente do colorímetro e utilizados para cálculo da tonalidade cromática, ângulo *Hue* ($H^* = \arctan b^*/a^*$) e croma ($C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$). O valor de L* varia de 0 (ausência de cor) até 100 (branco). Para H* o 0 representa vermelho puro, 90 o amarelo puro, 180 o verde puro e 270 o azul puro. Com relação aos valores de croma, quanto mais altos os valores de C* mais intensa é a cor observada. (LAWNESS; HEYMANN, 1998).

Para o cálculo da tonalidade conforme McGuire (1992) foi utilizada a fórmula do ângulo *Hue* (H*), de acordo com os valores de a* e b* obtidos do colorímetro, da seguinte forma.

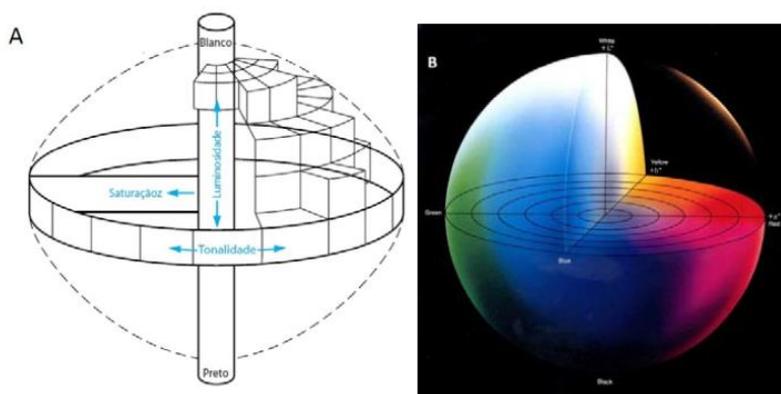
- a) Quando os valores de a* e b* > 0: $H^* = \arctg (b^*/a^*)$;
- b) Quando os valores de a* < 0 e b*>0: $H^* = 180^\circ + \arctg (b^*/a^*)$;
- c) Quando os valores de a* e b* < 0: $H^* = 270^\circ + \arctg (b^*/a^*)$;
- d) Quando os valores de a*> 0 e b* < 0: $H^* = 360 + \arctg (b^*/a^*)$.

Figura 5 - Diagrama CIELAB com a sequência de tonalidades cromáticas e orientação do ângulo cromático (ângulo *Hue*)



Fonte: Adaptado de Chitarra e Chitarra (2005)

Figura 6 – (A) Representação do sólido em 3 dimensões (tonalidade - H^* , luminosidade - L^* e saturação - C^*) (B) Representação espacial da escala de cores CIElab



Fonte: Konica Minolta (1998)

3.4.2 Atividade de água (A_w)

A determinação da A_w foi realizada utilizando-se o aparelho marca Aw Sprint – Novasina TH-50, previamente calibrado com soluções saturadas de cloreto de sódio, cloreto de potássio e água deionizada.

3.4.3 Umidade

A determinação de umidade foi realizada por dessecação em estufa, segundo metodologia descrita pelo IAL (2005).

3.4.4 pH

O pH foi determinado em potenciômetro digital, previamente calibrado a pH 4 e 7, de acordo com metodologia descrita pelo IAL (2005).

3.4.5 Acidez titulável

A análise de acidez titulável foi realizada com a mesma amostra usada para determinação do pH, conforme descrito por Plata Oviedo e Camargo (1998). A mistura de amostra e água destilada foi novamente agitada, enquanto o NaOH a 0,1N foi adicionado até que o pH da mistura atingisse 8,3. O resultado foi expresso como miliequivalente de base seca por cem gamas da amostra em base seca, segundo a Equação 1 (Andrade 2012).

$$\text{Acidez titulável} = \frac{((N \times V \times 100) \times f \times 100)}{g \text{ (bs)}} \quad (1)$$

Onde:

N: Normalidade da solução de NaOH;

V: Volume de NaOH em L usado para titulação da amostra até atingir o pH de 8,3;

f: Fator de correção (0,08);

g(bs): Peso da amostra em g utilizada na análise.

3.4.6 Viscosidade

Para determinar a viscosidade, foi utilizado um viscosímetro rotacional, (Marca Brookfield - PROGRAMMABLE DV-III + Rheometer), usando aproximadamente 40mL de amostra a temperatura ambiente, fazendo uso do

spindle SC4-25. Os resultados da viscosidade foram expressos em centipoise (cP), sendo avaliada a relação entre viscosidade (cP) e tensão de cisalhamento (s^{-1})

3.5 Caracterização dos pães de queijo moldados (antes de assar).

Os pães de queijo moldados antes de assar foram analisados quanto à altura, diâmetro e peso. Para os pães de queijo assados foram realizadas análises de altura, diâmetro, peso, volume, volume específico, densidade, índice de expansão e textura.

3.5.1 Diâmetro e altura dos pães de queijo antes de assar

O diâmetro e a altura das massas moldadas e congeladas foram determinados por meio de paquímetro analógico (Shymotoyo, Japão).

3.5.2 Peso dos pães de queijo antes de assar

O peso dos pães de queijo foi determinado em balança analítica (Shimadzu, AY220).

3.6 Caracterização dos pães de queijo (depois de assar)

3.6.1 Diâmetro e altura dos pães de queijo depois de assar

O diâmetro e a altura das massas moldadas congeladas foram determinados por meio de paquímetro analógico (Shymotoyo, Japão).

3.6.2 Peso dos pães de queijo depois de assar

O peso dos pães de queijo foi determinado em balança analítica (Shimadzu, AY220).

3.6.3 Determinação do Volume dos pães de queijo

O volume do produto foi calculado subtraindo-se o volume do mesmo, do volume de sementes de painço colocadas em um recipiente com e sem o produto, obtendo-se o valor do volume em cm³, conforme Griswold (1972).

3.6.4 Volume específico dos pães de queijo

O volume específico dos pães de queijo foi determinado pela razão entre o volume (cm³) e a massa (g).

3.6.5 Densidade absoluta dos pães de queijo

A densidade absoluta dos pães de queijo foi determinada pela razão entre a massa (g) e o volume (cm³).

3.6.6 Índice de expansão dos pães de queijo

O índice de expansão (IE) foi calculado pela razão entre o somatório das medidas dos diâmetros e alturas dos pães de queijo antes de assar dividido por 2 e as medidas dos diâmetros e alturas dos pães de queijo depois de assar dividido por 2, conforme a Equação 2 (Pereira 2001)

$$IE = \frac{\text{diâmetro do pão de queijo} + \text{altura do pão de queijo} / 2}{\text{diâmetro da massa moldada} + \text{altura da massa moldada} / 2} \quad (2)$$

3.6.7 Textura dos pães de queijo

Os pães de queijo foram avaliados quanto a textura após resfriamento de 15 min, em temperatura ambiente, através de Texturômetro (Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems). Para medição foi acoplado ao equipamento probe cilíndrico de 75 mm de diâmetro, sendo os valores da força de compressão expressos em N. A amostra foi comprimida em 50% do seu tamanho original, com

velocidade de 1 mm/s, mantendo a compressão por 30s e retornando à posição inicial.

3.6.8 – Estrutura do miolo dos pães de queijo

Os pães de queijo foram cortados longitudinalmente, sendo então observada visualmente a estrutura do miolo, seguindo a metodologia de Nagata (2011).

3.7 Análise sensorial

Para a análise sensorial foi conduzida por teste de aceitabilidade, com as diferentes formulações do pão de queijo. O objetivo do teste foi de avaliar o grau com que os consumidores gostaram ou desgostaram (Teste de aceitação – Teste de Escala Hedônica) dos produtos mencionados.

A realização da análise sensorial foi previamente aprovada pelo comitê de ética da Universidade Regional Integrada do Alto do Uruguai e das Missões - URI - Campus de Erechim/RS, sob o protocolo de número 57080916.0.0000.5351.

A equipe de provadores foi constituída por 35 provadores não-treinados, de ambos os sexos, composta por discentes, docentes e funcionários da instituição.

As amostras foram submetidas à cocção em forno e distribuídas aos provadores, na temperatura de 50 °C, na quantidade de 60g, de forma monádica e balanceada, em recipientes codificados com números aleatórios de três dígitos, juntamente com as fichas de avaliação dos testes afetivos, Escala hedônica estruturada de nove pontos (QUEIROZ, 2006). A Tabela 2 apresenta o modelo das fichas utilizadas nas avaliações sensoriais.

Os testes foram conduzidos nas cabines do laboratório de análise sensorial da URI Erechim, em testes individuais. As amostras foram fornecidas no momento da análise.

Tabela 2 – Modelo da ficha utilizada para avaliação sensorial dos pães de queijo

ESCALA HEDÔNICA

Nome: _____ Data: _____

1. Por favor, avalie cada uma das amostras codificadas de pão de queijo e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada uma das amostras

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/nem desgostei
- 4 – desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

IMRESSÃO GLOBAL

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Comentários: _____

3.8 Análise estatística

Os resultados (triplicata das análises) foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA), seguida de Teste de Tukey com nível de 95 % de confiança, com auxílio do *software* Statistica versão 5.0. Para a análise de correlação de Pearson e Análise dos Componentes Principais (PCA), utilizou-se o programa XLSTAT (ADDINSOFT, 2007).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físicas, químicas e físico-químicas das propriedades tecnológicas e reológicas dos amidos nativos e modificados e seus efeitos na massa dos pães de queijo, no produto moldado e assado estão elucidadas a seguir.

4.1 Características dos amidos

4.1.1 Propriedade de expansão dos amidos

Na Tabela 3 são apresentados os valores da análise de propriedade de expansão dos amidos nativos e modificados além dos valores do percentual de amilose de cada amido.

Tabela 3 - Valores médios* e desvio padrão para a propriedade de expansão e teor de amilose (%) dos amidos nativos e modificados

Amidos	Peso (g)		Volume (cm ³)		Volume específico (cm ³ /g)		Amilose (%)**
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	
AM1	3,06	±0,13	13,00	±0,01	4,26 ^c	±0,18	11
AM2	2,81	±0,12	8,00	±0,01	2,85 ^d	±0,12	9
AM3	2,84	±0,07	6,67	±0,58	2,35 ^d	±0,22	12
F1	2,80	±0,12	21,00	±1,00	7,52 ^a	±0,48	17
F2	2,76	±0,06	18,67	±0,58	6,75 ^b	±0,14	15

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** Informações técnicas dos fornecedores.

\bar{X} : Média

σ : Desvio padrão

Conforme apresentado na Tabela 3 houveram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os amidos nativos e modificados no que diz respeito ao índice de expansão, onde destaca-se com maior valor registrado F1 (7,52 cm³/g), e com menor valor AM3 (2,35 cm³/g). Em geral, os amidos nativos apresentam maiores valores de expansão do que os amidos modificados.

Dentre os amidos modificados destaca-se o AM1 com capacidade de expansão de 4,26 cm³/g, valor bastante superior ao dos outros 2 amidos modificados, isto se deve provavelmente ao menor tamanho das partículas deste amido, decorrentes do processo de modificação.

Durante a análise, foi observado que os amidos nativos apresentam expansão regular e maior simetria do que os amidos modificados, que se expandiram em direções diversas. Quando adicionados ao produto, os amidos modificados tenderam a regularizar a expansão da massa para que o produto se expandisse proporcionalmente horizontal e verticalmente. Já os amidos nativos apresentaram tendência a se expandir em maior quantidade, porém sem um vetor característico, causando mudanças no padrão de formação do produto após o forno.

A propriedade de expansão do amido de mandioca, seja ele na forma nativa ou modificada, é fator determinante para o seu uso na produção de pães de queijo, já que diferente do pão tradicional, o pão de queijo não leva fermento na formulação, sendo o amido o responsável pelo “crescimento” do produto quando este é levado ao forno. O volume do produto é um dos elementos resolutivos na qualidade do produto, já que a pouca expansão no forno deixa a massa pesada e com textura de difícil mastigação. O contrário, ou seja apresentar muita expansão, deixa produto com o miolo oco e com formato descaracterizado, além da formação de maiores rachaduras na casca.

Silva et al. (2006) encontraram valor de expansão de 7,5 cm³/g para amidos nativos de mandioca, valores que se assemelham ao nosso estudo. Já Shirai et al. (2007) observaram valor do volume de expansão de 2,1cm³/g para o amido nativo de mandioca.

Segundo Alvarado et al. (2013), amidos com massa molecular reduzidas tem suas propriedades de expansão melhoradas, devido ao maior colapso mais intenso dos grânulos durante o processo de gelatinização, o que leva a melhor formação dos géis, que são inflados por bolhas de vapor decorrentes da perda de umidade do produto, auxiliando no crescimento da massa. Bertolini et al. (2001a) atribuíram a expansão à pressão exercida pelo vapor de água, e a baixa viscosidade da massa, que reduz a força necessária para expandir as bolhas de massa. O mesmo autor salienta que a expansão ou aeração da massa de amido de mandioca se inicia logo após a temperatura de gelatinização, enquanto que a perda de peso dessas massas se eleva acentuadamente devido à perda de água por evaporação.

Seguindo o pensamento do autor cabe notar que quanto menor a higroscopicidade do amido menor a ligação dele com a água e, por conseguinte menor a viscosidade do gel formado, o que resultaria em maior expansão do produto durante o forneamento. Desta forma, a capacidade de retenção de água é inversamente proporcional a expansão.

Fan, Mitchel e Blanshard (1999) propuseram um modelo de expansão da massa quando colocada no forno, onde verificaram estágios do crescimento das bolhas no fluido viscoso a medida que a viscosidade aumenta. Devido a desidratação da massa, a correspondente pressão interna da bolha aumenta drasticamente e isso dá origem a maiores tensões de tração na superfície celular, o que resulta na ruptura das células ao final do crescimento no forno.

Como visto, os amidos acetilados pré-gelatinizados tem pouca capacidade de expansão, porém grande capacidade de absorver água, formando, por este motivo, géis mais viscosos e compactos. Já os amidos nativos de mandioca tem maior poder de expansão, porém pouca capacidade de retenção de água em temperatura ambiente. Industrialmente, quando usado somente amido nativo de mandioca o produto tende a ter pouco crescimento devido a pouca água disponível (devido a baixa absorção) para ser transformada em vapor e inflar as bolsas formadas pelo gel. Entretanto, ao adicionarmos amidos acetilados pré-gelatinizados, que apresentam grande capacidade de retenção de água, durante o forneamento o gel será inflado devido a grande quantidade de vapor de água, com consequente crescimento do produto, por este motivo a combinação dos dois tipos de amidos (nativo e modificado) é interessante, já que possuem características distintas, mas quando associadas são complementares para o crescimento e padronização do produto.

Como já citado e agora comprovado, com os resultados da análise da propriedade de expansão, ao utilizar amidos com elevada expansão têm-se um produto que por apresentar grande crescimento tem forte tendência a ficar com o miolo “oco” (sem presença de massa no interior do produto), fator que é sensorialmente prejudicial à qualidade do produto final. Enquanto que o uso de amidos com baixo poder de expansão tende a deixar o produto com o miolo compacto e resistente à mastigação, além de apresentar a crosta do pão de queijo mais grossa e escura, o que torna o produto menos atraente ao consumidor. Neste

contexto, o que se busca é o equilíbrio entre o crescimento do produto e a textura, associado à espessura da crosta.

As raízes de mandioca contêm em média 25% de amido. O amido está presente no parênquima da mandioca na proporção de 70-91% do seu peso seco, e na casca, 45-59%. O conteúdo de amilose no amido de mandioca apresenta valores entre 17 e 25% (SALUNKHE; KADAM,1998).

O conteúdo de amilose aparente determinado por Srichuwong *et al.* (2005) para o amido nativos de mandioca foi de 17,9%, Whistler e BeMiller (1997) encontraram o valor de 17,0%, para o mesmo constituinte. Enquanto que Peroni, Rocha e Franco (2006) obtiveram o valor de 19,8% para amilose e Hoover (2001) entre 18,6-25,6%.

Os valores de amilose dos amidos utilizados neste estudo são condizentes com os reportados na literatura. O amido com maior presença deste polímero é F1 (17%) enquanto o amido com menor quantidade é o amido modificado pré-gelatinizado AM2 (9%). Quanto maiores os valores de amilose no amido, menor a capacidade de absorção de água e a resistência térmica dos amidos (PARKER, RING; 2001), as diferenças nos conteúdos de amilose encontradas por diferentes autores devem-se aos diferentes métodos analíticos utilizados, a idade e as variedades diferentes da planta (PERONI; ROCHA; FRANCO, 2006).

4.1.2 Resistência a ciclos de congelamento e descongelamento dos amidos

Na Tabela 4, são apresentados os valores de liberação de água nos ciclos de congelamento e descongelamento a que foram submetidos os amidos nativos e modificados acetilados pré-gelatinizados.

Tabela 4 - Valores médios* e desvio padrão para a perda de água dos amidos nativos e modificados

Amidos	% de água liberada					
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
AM1	0 ^a		0 ^b		6,4 ^{bc}	±0,58
AM2	0 ^a		0 ^b		0 ^c	
AM3	0 ^a		2,72 ^b	±0,58	7,23 ^{bc}	±2,52

Tabela 4 - Valores médios* e desvio padrão para a perda de água dos amidos nativos e modificados

Amidos	% de água liberada					
	1º Ciclo		2º Ciclo		3º Ciclo	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
F1	0 ^a		11,40 ^a	±1,53	26,32 ^a	±2,52
F2	0 ^a		0 ^b		14,7 ^b	±2,08

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\bar{X} : Média

σ : Desvio padrão

Os resultados da análise de resistência a ciclos de congelamento e descongelamento (Tabela 4) demonstram não haver diferença significativa ($p \leq 0,05$) no primeiro ciclo de congelamento e descongelamento. Entretanto, evidencia-se diferenças significativas entre os amidos no segundo e terceiro ciclo a que os mesmos foram submetidos, sendo que F1 apresentou as maiores perdas de água em percentual (37,72%) durante os três ciclos de congelamento e descongelamento. Entre os amidos modificados pré-gelatinizados, o AM3 foi o que apresentou maior perda de água (9,95%).

Os menores valores de perda de água encontrados para os amidos nativos foi para F2 (14,7%), para os amidos modificados o menor valor encontrado foi para AM2 (0%). Desta forma o produto desenvolvido com estes dois amidos seria recomendado, ao se levar em consideração a resistência do produto a ciclos de congelamento e descongelamento. Entretanto, o pão de queijo produzido industrialmente é congelado e depois de embalado é armazenado em temperatura de congelamento (-18°C). Além de apresentar na rotulagem recomendação para que o produto não seja descongelado, e submeter ao forneamento ainda congelado, com isso usualmente o produto será submetido a somente um “ciclo” de descongelamento (no processo de forneamento). Como visto na Tabela 4, em apenas um ciclo de congelamento nenhum dos amidos apresentou liberação de água, ou seja todas as amostras analisadas poderiam ser aplicadas na produção de pães de queijo de massa congelada sem modificações inerentes a retrogradação e posterior sinérese do amido.

Silva et al. (2005) avaliaram as características físico-químicas de amidos comerciais, por meio de análise de resistência a ciclos de congelamento e

descongelamento, sendo que os amidos de mandioca pré-gelatinizados, não apresentaram perda de água no primeiro ciclo, no segundo ciclo a perda foi de 0 a 29,26% e no terceiro ciclo de 19,44 a 36,40%. Os mesmos autores ao avaliarem amidos de mandioca nativos verificaram que não houve perda no primeiro ciclo de congelamento e descongelamento, já no segundo ciclo as perdas ficaram entre 7,56 e 29,52% e entre 19,44 e 24,04% para o terceiro ciclo.

Aplevicz e Demiate (2007) ao realizarem a caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados encontraram, para o amido nativo de mandioca, valores de perda de água de 1 a 6% para primeiro ciclo, de 2 a 47% no segundo ciclo e de 36 a 65% para o terceiro ciclo de congelamento e descongelamento. Os mesmos autores concluíram que as pastas de polvilho azedo liberaram mais água que as de polvilho doce, e atribuindo a este fato a maior utilização do polvilho doce na composição de massas de pão de queijo congeladas. Os mesmos autores citaram que a análise de resistência a ciclos contínuos de congelamento e descongelamento é importante para verificar a possibilidade de uso de um tipo de amido em alimentos que serão submetidos ao congelamento, visto que a liberação de água é prejudicial à qualidade do produto final.

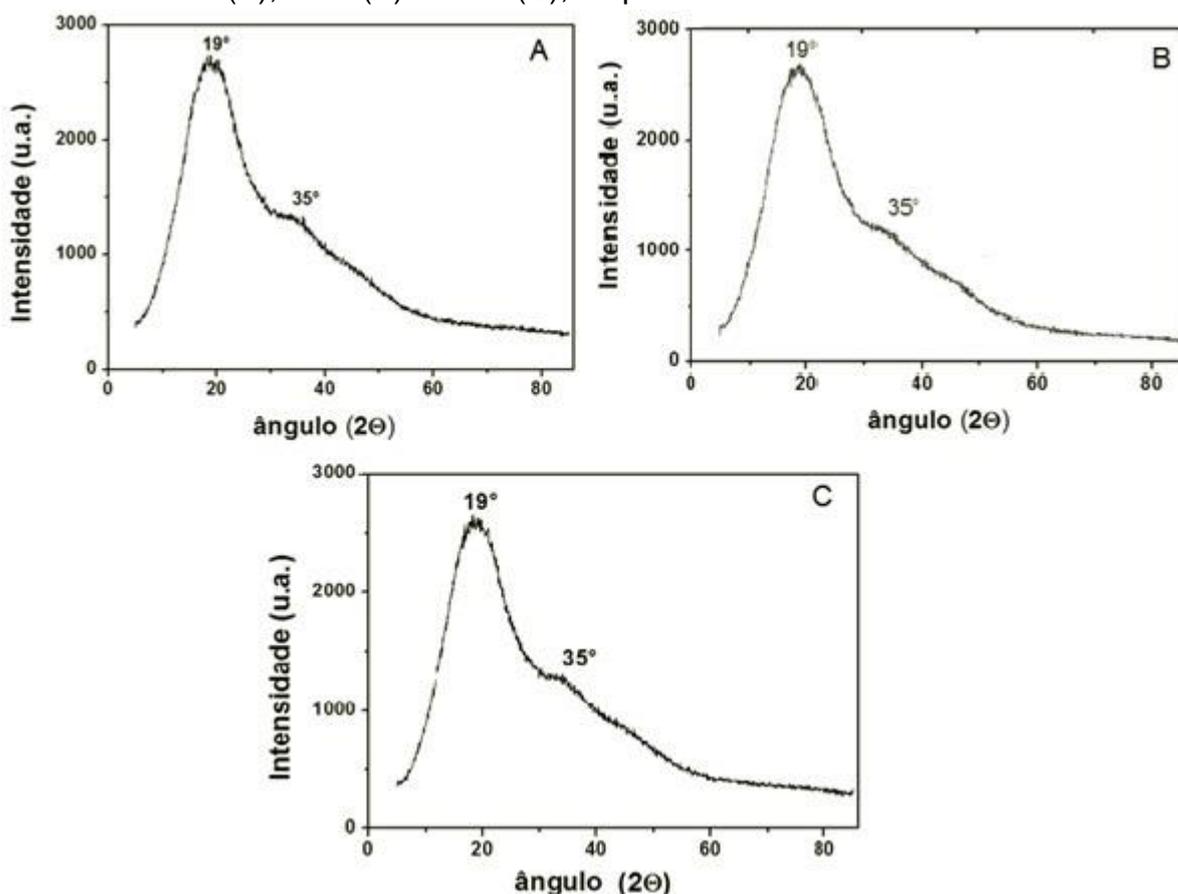
Os dados dos autores citados se assemelham ao do presente estudo no que diz respeito à tendência de maior percentual de liberação de água durante o 2º e 3º ciclo de congelamento e descongelamento. Porém os valores são pouco conclusivos em relação a quantidade de água liberada, já que a maior ou menor resistência aos ciclos é dependente da origem (solo, clima, plantio processamento), e método de obtenção e modificação do amido de mandioca, e subseqüentemente cada amido obtido apresentará valores diferentes para a análise de resistência a ciclos congelamento, dificultando a comparação analítica.

4.1.3 Difração de Raios X (DRX)

A técnica de DRX consiste na incidência da radiação em uma amostra e na detecção dos fótons ou elétrons difratados, o que permite estudar os efeitos causados pelo material sobre este feixe de radiação a fim de determinar experimentalmente a estrutura cristalina do material. Os planos de difração, bem como as densidades dos átomos (elétrons) ao longo de cada plano cristalino, são equivalentes a uma impressão digital. Um difratograma consiste de um registro da

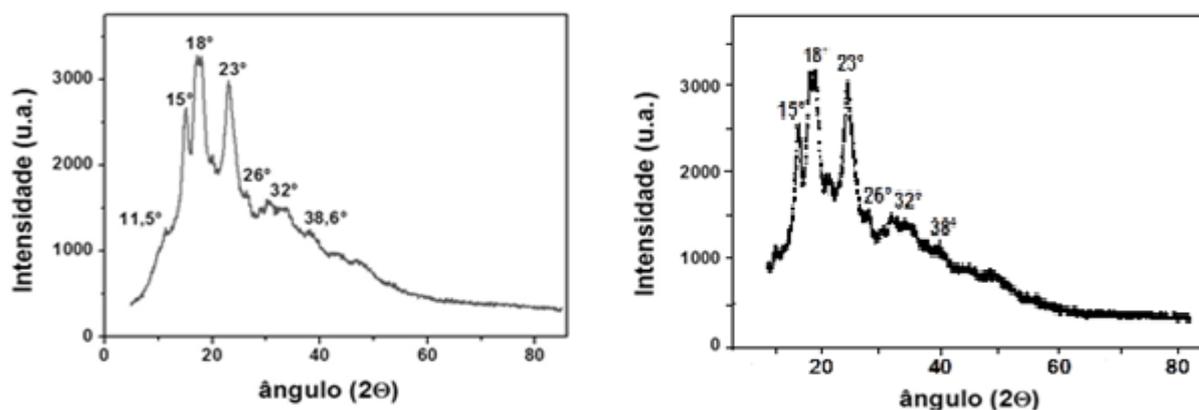
intensidade de raios difratados *versus* o dobro do ângulo de difração (2θ) (DE SALES, 2012). Nas Figuras 7 e 8 são apresentados os difratogramas para os amidos modificados e nativos utilizados no estudo.

Figura 7 – Difratograma dos amidos modificados acetilados pré-gelatinizados de mandioca AM1 (A), AM2 (B) e AM3 (C), respectivamente



Fonte: O autor

Figura 8 – Difratograma dos amidos nativos de mandioca, F1 (A) e F2 (B)



Fonte: O autor

Pelos resultados dos difratogramas apresentados na Figura 7, a análise dos amidos modificados demonstra muita similaridade entre os padrões dos 3 amidos, o valor do pico preponderante a 2θ ficam em 19° , existe ainda um pico de menor intensidade a 35° para as três amostras analisadas. A área dos picos para os 3 amidos modificados se demonstra homogênea, não podendo ser distinguida nenhuma diferença de cristalinidade entre os amidos modificados avaliados nesta pesquisa.

Os amidos em geral apresentam natureza cristalina atribuída à organização das moléculas de amilopectina no interior do grânulo. A literatura cita que o amido pode ser classificado segundo seu padrão de difração em formas A, B e C das quais A e B encontram-se presentes nos cereais e a forma C considerada mistura das anteriores, com predominância de A, é encontrada na maioria dos tubérculos, leguminosas e sementes, (VAN SOEST; VLIEGENTHART, 1997; ANNISION; TOPPING, 1994; FREITAS, 2002; MESTRES, 1996) onde os amidos de mandioca se incluem.

Os amidos do Tipo A apresentam maiores picos de intensidade de refração para ângulos a 2θ a 15, 17, 18 e 23° , os do tipo B apresentam maiores picos para ângulos de 2θ a 5, 6, 15, 17, 22 e 23° sendo mais comum nos amidos de tuberosas, assim como os amidos com alto conteúdo de amilose (MORRE, 2001; FRANCO et al., 2002; SOARES, 2003).

Para os amidos nativos (Figura 11), ambos apresentaram detecção a mesmas angulações com variação na intensidade dos picos. Os picos mais intensos e estreitos correspondem tanto ao padrão de difração A, como ao tipo B, resultando em um padrão de difração da classe C para os dois amidos nativos de mandioca.

Os resultados ainda indicam que devido a maior intensidade dos picos os amidos modificados são mais cristalinos que os amidos nativos.

A cristalinidade entre os amidos pode ser conferida pelo numero de regiões cristalinas (influenciadas pela quantidade de amilose e amilopectina), pelo tamanho do cristal, pela orientação de hélices duplas dentro da área cristalina e pelo comprimento da cadeia (MIAO; ZHANG; JIANG, 2009).

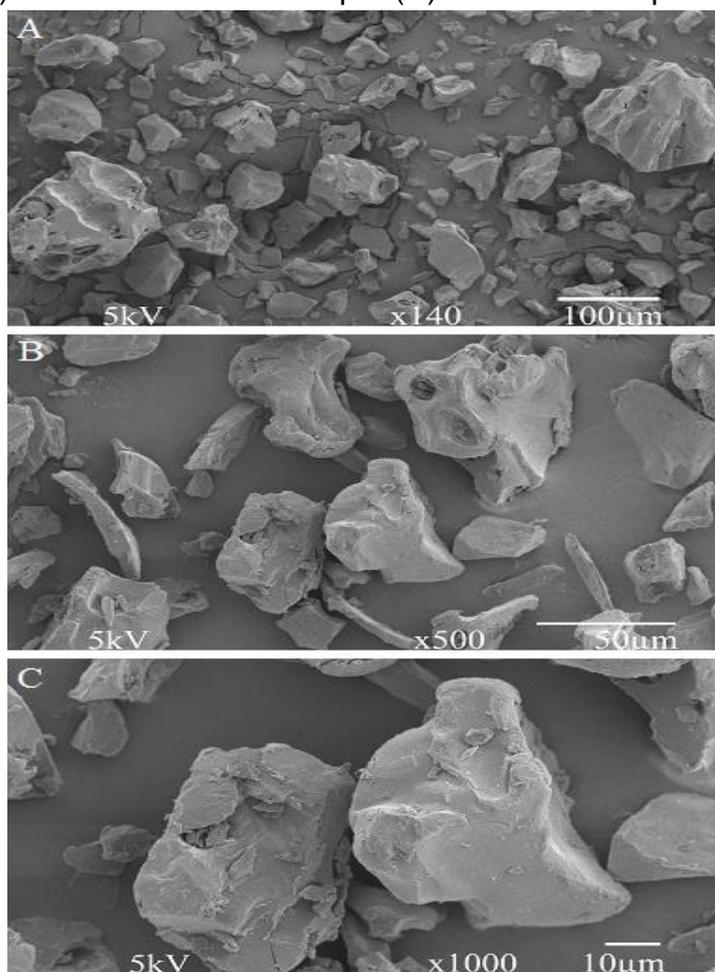
Schlemmer et al. (2009) estudando a morfologia de filmes de amido encontrou valores de picos correspondentes aos padrões de difração A ($2\theta \sim 15^\circ$) e B ($2\theta \sim 17^\circ$ e 23°) caracterizando um padrão de difração tipo C para o amido de mandioca, condizente com os resultados deste estudo.

4.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As análises de MEV foram utilizadas para obtenção de imagens dos grânulos dos amidos nativos e modificados de mandioca utilizados no estudo. Os resultados destas análises são apresentados nas Figuras 9, 10, 11, 12 e 13.

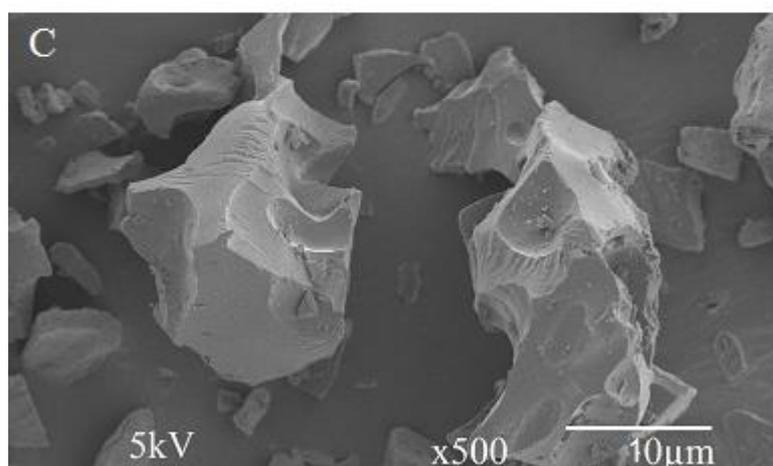
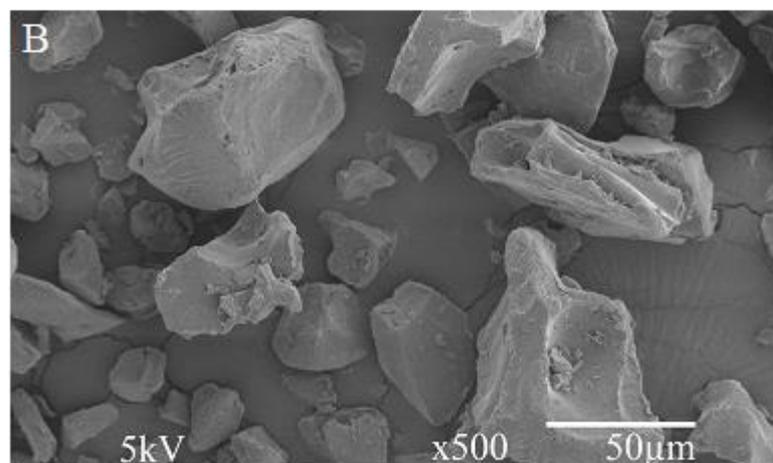
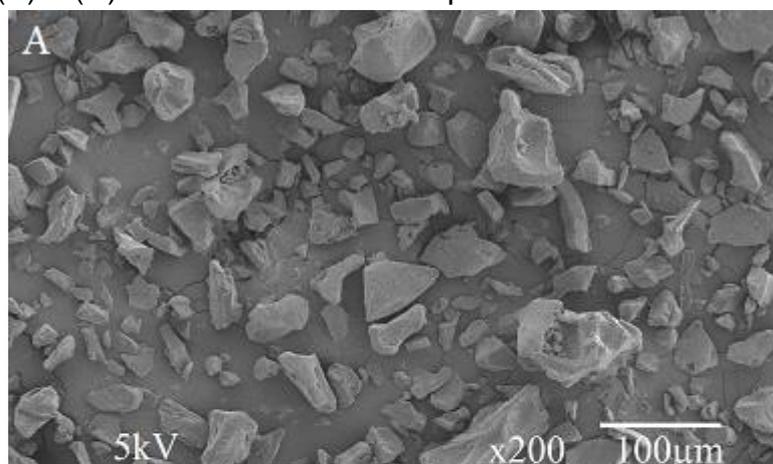
O Microscópio Eletrônico de Varredura, MEV (Scanning Electron Microscope) é um equipamento versátil utilizado em várias áreas de conhecimento, que fornece uma visualização das partículas e permite a obtenção de informações estruturais e químicas de amostras diversas. A principal razão de sua utilidade é a alta resolução que pode ser obtida, instrumentos de pesquisa avançada são capazes de alcançar uma resolução melhor que 1 nm (NAGATANI et al. 1987).

Figura 9 – Imagens do Amido modificado de mandioca acetilado pré-gelatinizado AM1 observado em microscópio eletrônico de varredura, (A) representa aumento de 140x a 100 μ , (B) aumento de 500x a 50 μ e (C) de 1000x a 10 μ



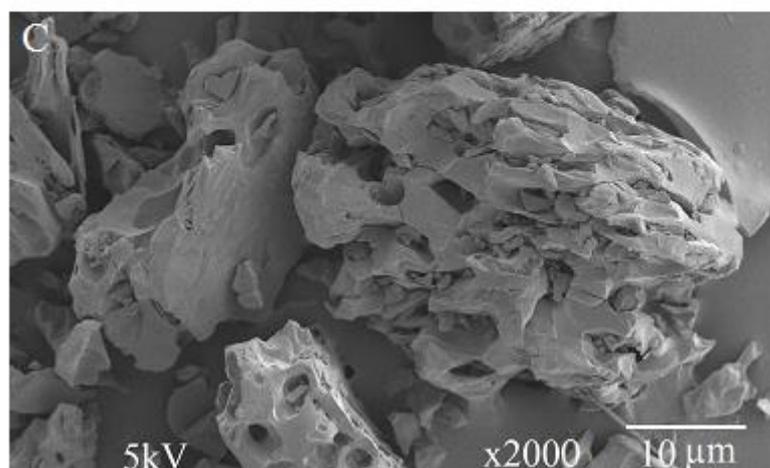
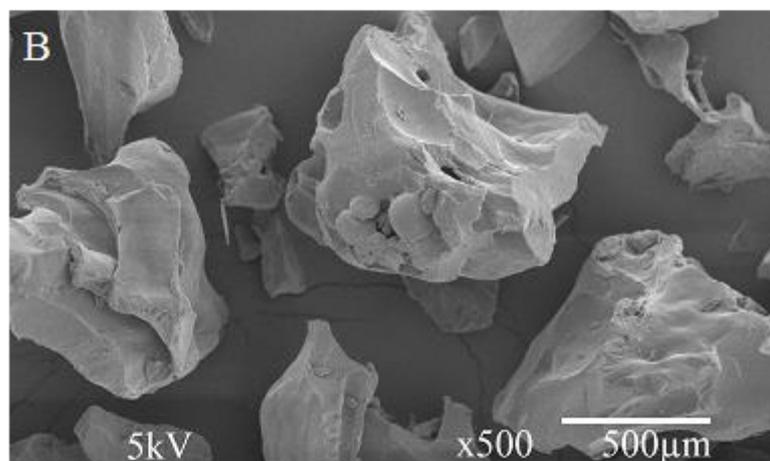
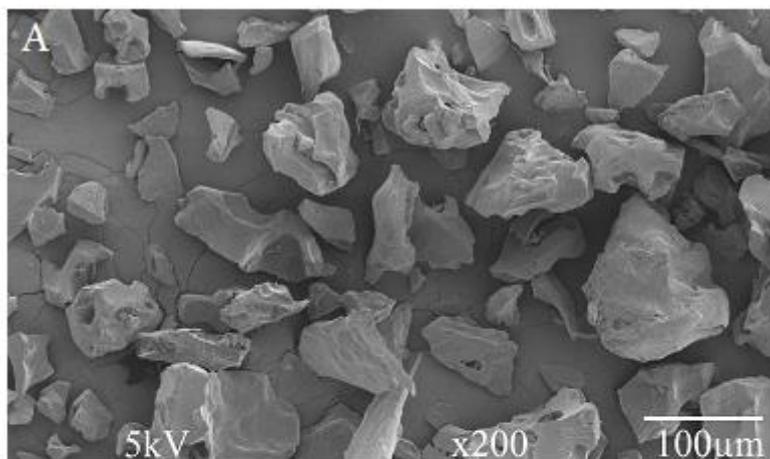
Fonte: O autor

Figura 10 – Imagens do Amido modificado de mandioca acetilado pré-gelatinizado AM2, observado em microscópio eletrônico de varredura. (A) representa aumento de 200x a 100 μ , (B) e (C) aumento de 500x a 50 μ



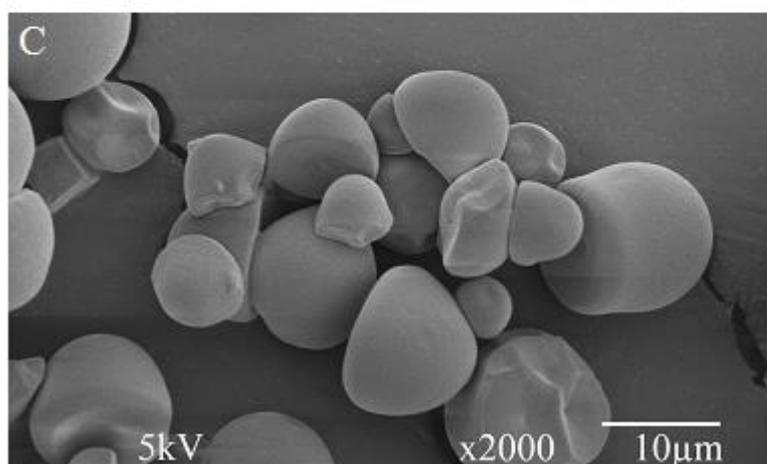
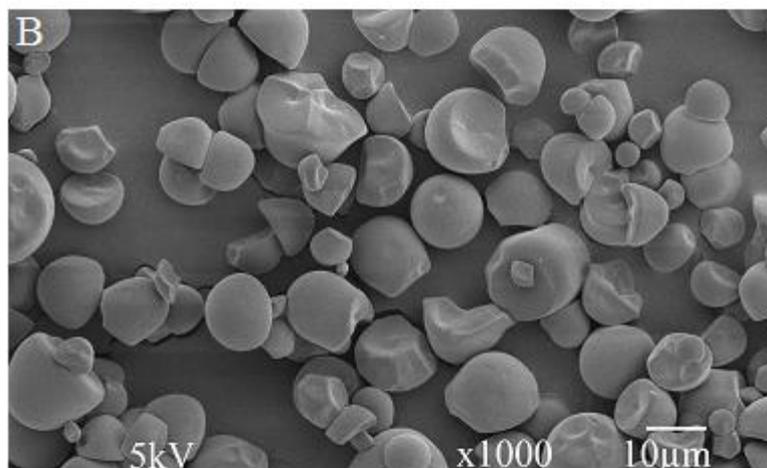
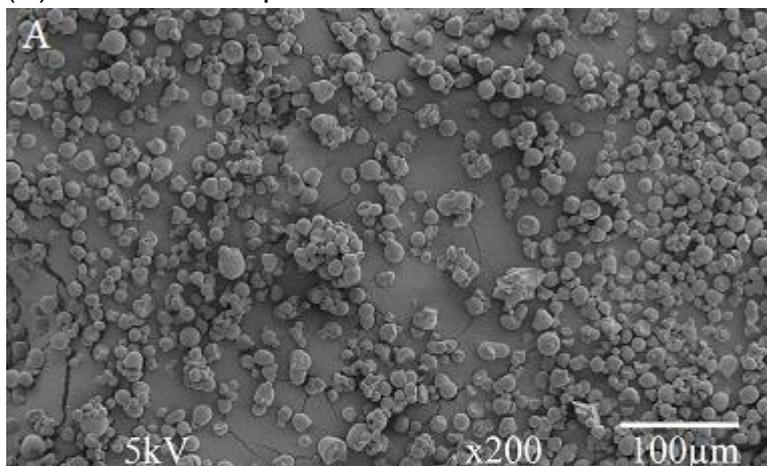
Fonte: O autor

Figura 11 – Imagens do amido modificado de mandioca acetilado pré-gelatinizado AM3 observado em microscópio eletrônico de varredura, (A) representa aumento de 200x a 100 μ , (B) aumento de 500x a 500 μ e (C) de 2000x a 10 μ



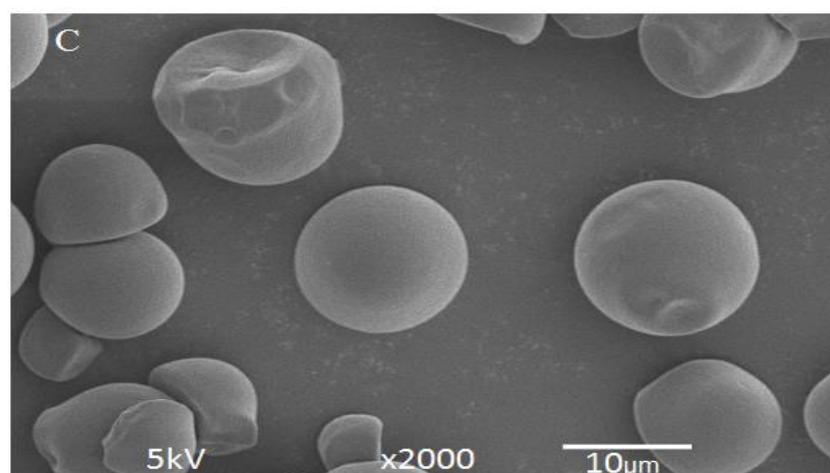
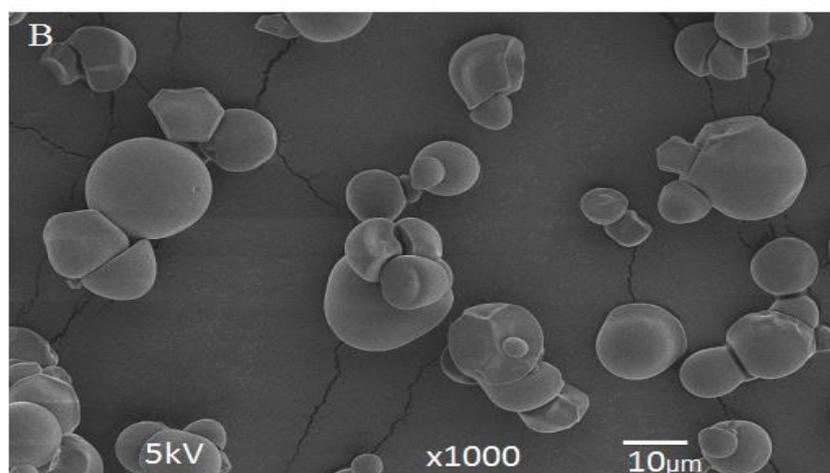
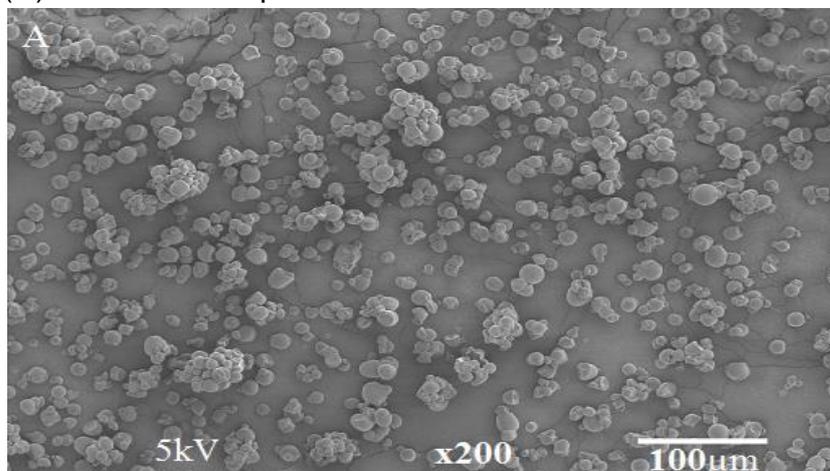
Fonte: O autor

Figura 12 – Imagens do amido nativo de mandioca F1 observado em microscópio eletrônico de varredura, (A) representa aumento de 200x a 100 μ , (B) aumento de 1000x a 10 μ e (C) de 2000x a 10 μ



Fonte: O autor

Figura 13 – Imagens do amido nativo de mandioca F2 observado em microscópio eletrônico de varredura, (A) representa aumento de 200x a 100 μ , (B) aumento de 1000x a 10 μ e (C) de 2000x a 10 μ



Fonte: O autor

A morfologia dos grãos de amido difere entre diferentes fontes vegetais, porém são similares quando se compara amidos de mesma espécie, mesmo com as variações decorrentes do solo, clima, plantio e colheita.

Com relação aos amidos de mandioca, seus grãos são comumente esféricos ou irregularmente arredondados, em forma de dedal de esferas truncadas em uma ou mais facetas, com hilo linear ou estrelado, ocupando, geralmente o centro do grão. Tanto os grãos pequenos como os grandes formam agregados de dois a três elementos (FONTE; FONTES, 2005). Ainda encontra-se na literatura relatos de que as formas obtidas pela análise de MEV, para o amido nativo de mandioca, são a redonda, oval, truncada, poligonal e cilíndrica e alguns côncavo-convexos característicos (RICKARD et al. 1991; LEONEL, 2007).

No que tange os resultados de MEV para os amidos nativos de mandioca (Figuras 12 e 13), os resultados evidenciados neste estudo vão de encontro com a literatura para o formato das partículas, o que se vê são elementos no formato esférico, algumas multifacetadas e com uma das facetas côncava, além de partículas formando uma esfera truncada (incompleta), e para os dois amidos as partículas se mostram bastante agrupadas, e diferente do relatado por Fonte e Fontes (2005), os agrupamentos aqui apresentados são entre dezenas de grânulos.

Fica evidenciado que os três amidos modificados (Figuras 9, 10 e 11) tem partículas similares, predominantemente amorfas, com elementos fragmentados com tamanhos multivariados, sua superfície apresenta reentrâncias, parecendo grãos de amido rebentados, provavelmente decorrentes do processo de acetilação e pré gelatinização.

Os grãos fragmentados devido ao pré-tratamento conferem aos grânulos dos amidos modificados tamanhos de partículas de tamanho variável, que ficam espaçados sem formar aglomerados. Os amidos modificados pré-gelatinizados por se apresentarem como um pó de coloração mais branca e aparentemente de menor granulometria que os amidos nativos, algumas partículas por serem muito fragmentadas, causam a disseminação de partículas no ambiente durante a manipulação, este aspecto proporciona aumento da superfície de contato do amido, o que resulta na maior capacidade de absorção de água livre no meio, no caso a massa de pão de queijo.

As reentrâncias na superfície facilitam a entrada de água no grânulo de amido, o que resulta na capacidade de absorção de água em temperatura ambiente,

diferente da gelatinização dos amidos nativos, onde é necessário o aquecimento da água.

Tabela 5 – Tamanho das partículas dos amidos nativos e modificados

Amidos	Tamanho das partículas		
	Menor partícula (μm)	Maior partícula (μm)	\bar{X} (μm)
AM1	1,73	63,61	32,74
AM2	1,48	167,90	48,21
AM3	2,71	184,02	51,74
F1	3,87	23,78	15,21
F1	3,26	25,05	18,49

\bar{X} : Média

Quanto ao tamanho das partículas, na literatura encontra-se relatos de tamanhos de grânulos de amido nativo de mandioca com diâmetros variáveis de 3 a 32 μm (DEFLOOR et al., 1998); entre 15 a 20 μm (LEONEL, 2007); de 20 μm (CEREDA et al., 2001). Valores muito próximos aos encontrados no presente estudo, onde o diâmetro das partículas de F1 variou entre 3,87 e 23,78 μm com média de 15,21 μm , e para F2 entre 3,62 e 25,05 μm com média de 18,49 μm .

O tamanho das partículas dos amidos modificados apresentou ainda maior variação, foram encontrados valores entre 1,73 e 63,61 μm , para AM1, entre 1,48 μm e 167,90 μm para o amido AM2 e entre 2,17 e 184,02 μm para AM3, obtendo-se um tamanho médio das partículas para os três amidos modificados de mandioca de 32,74 μm , 48,21 μm e 51,74 μm , respectivamente.

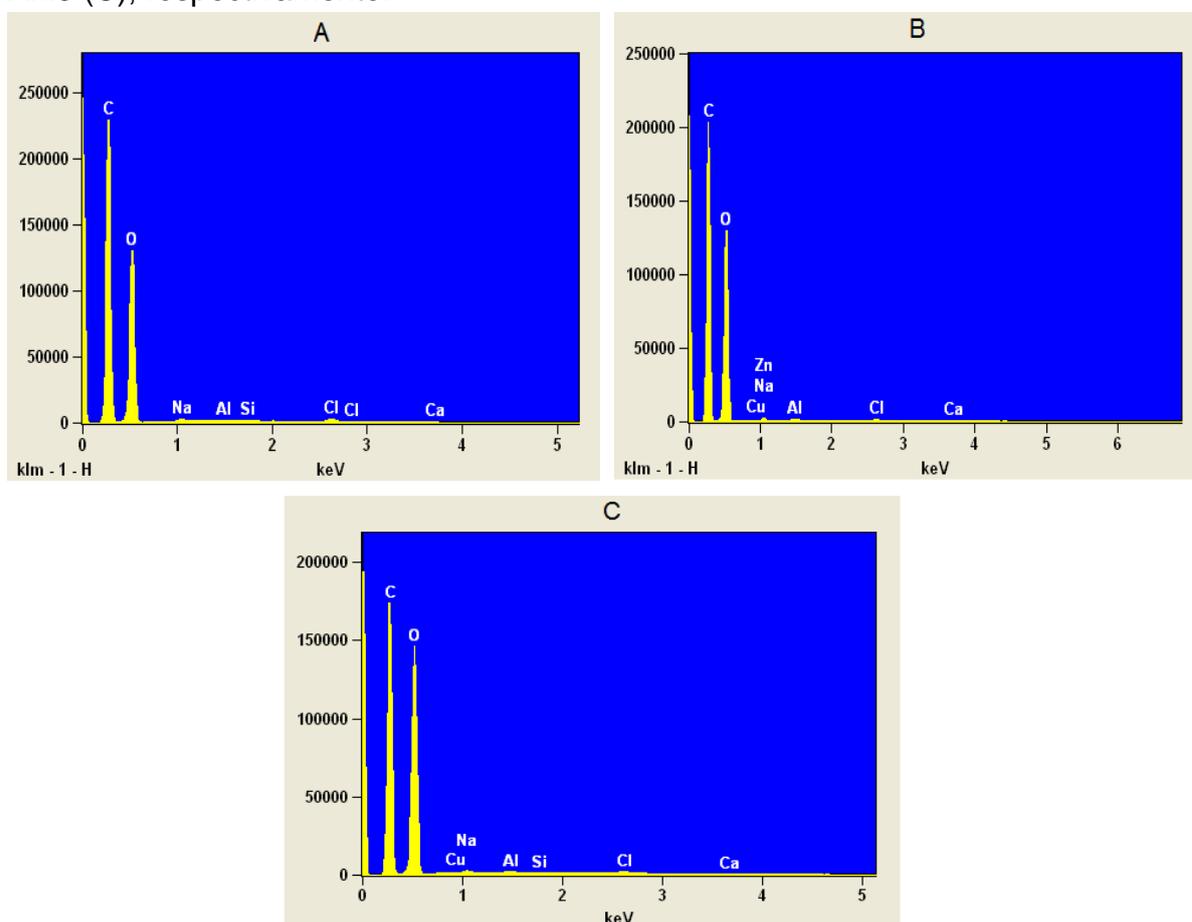
É notável que os resultados obtidos pela medição do tamanho das partículas (Tabela 5) vão de encontro com os resultados da análise de propriedade de expansão dos amidos, comprovando que o tamanho da partícula é inversamente proporcional ao tamanho do grânulo, ou seja, quanto menor o tamanho da partícula maior é sua capacidade de expansão. A exemplo disso, os amidos nativos foram os que apresentaram a maior propriedade de expansão (Tabela 3) 7,52 cm^3/g para F1 e 6,75 cm^3/g para F2, os mesmos amidos foram os que apresentaram o menor tamanho médio de partículas, o mesmo fica evidenciado para os 3 amidos modificados analisados.

4.1.5 Microanálise por energia dispersiva de raios-X (EDX)

A técnica de microanálise por energia dispersiva de raios X (EDX) é muito versátil e permite a aferição dos elementos químicos presentes em vários tipos de amostras. Através desta medição é possível não somente identificar esses elementos, mas também determinar sua concentração com grande precisão, tornando-se assim uma análise completa (FRANÇA et al., 2011)

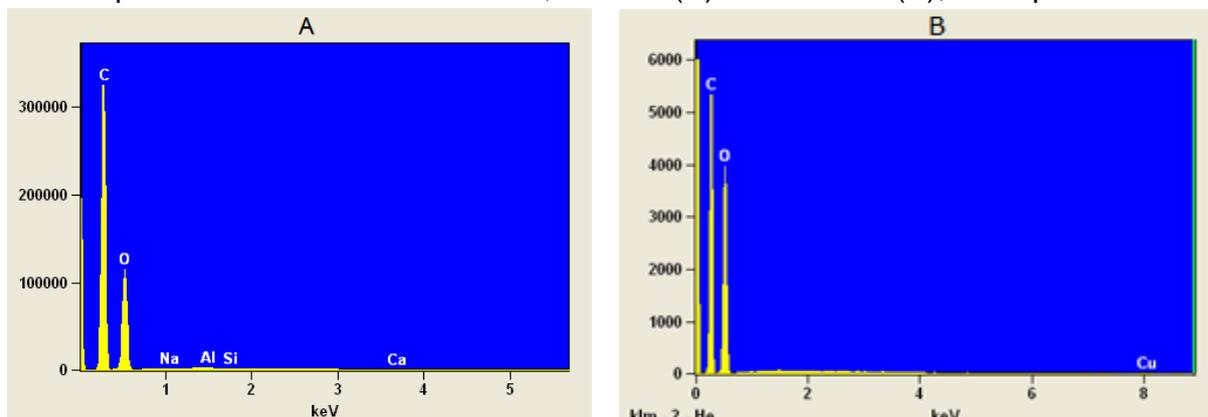
Sua capacidade de caracterização é relacionada, em grande parte, ao princípio fundamental que cada elemento tem uma estrutura atômica única, de modo que os raios X emitidos são característicos desta estrutura, que identificam o elemento, permitindo assim uma análise química pontual dos elementos que constituem a amostra. As Figuras 14 e 15 apresentam as micrografias obtidas por EDX para os amidos modificados e nativos de mandioca, respectivamente.

Figura 14 – Demonstrativo quantitativo dos elementos químicos encontrados por EDX para os amidos modificados acetilados pré-gelatinizados, AM1 (A) AM2 (B) AM3 (C), respectivamente.



Fonte: O autor

Figura 15 – Demonstrativo quantitativo dos elementos químicos encontrados por EDX para os amidos nativos, F1 (A) e F2 (B), respectivamente



Fonte: O autor

A partir das imagens obtidas por EDX para os amidos modificados (FIGURA 14) é possível observar que o elemento carbono é o constituinte principal dos amidos, sua quantidade é variável entre os 3 tipos avaliados, apresentando a maior concentração encontrada foi para o amido AM1 (Figura 14 (A)) e a menor para o amido modificado AM3 (Figura 14 (C)). O oxigênio foi o elemento com a segunda maior concentração dentre as amostras de amido modificado, os maiores valores encontrados para este elemento foram para o amido AM3 (Figura 14 (C)), e a menor concentração para o amido AM1.

A análise de EDX dos três amidos modificados mostrou a presença característica dos elementos, sódio, alumínio, cloro e cálcio. Enquanto que o silício esta presente apenas para AM1 e AM3, e o cobre é constituinte de AM2 e AM3, ainda AM2 foi o único onde se detectou a presença do elemento Zinco.

As diferenças elementares entre os três amidos modificados se devem a fatores como o plantio, solo, clima e colheita da mandioca, além das particularidades quanto aos métodos de obtenção dos diferentes amidos modificados acetilados pré-gelatinizados.

Para os amidos nativos a análise quantitativa obtida por EDX (Figura 15) demonstra diferenças marcantes entre os elementos constituintes dos dois amidos, enquanto F1 apresenta em sua constituição os elementos carbono, oxigênio, sódio, alumínio, silício e cálcio, F2 apresenta apenas os elementos carbono, oxigênio e cobre. O carbono é o elemento presente em maior quantidade nos dois amidos nativos com o oxigênio ocupando a segunda colocação. Estas diferenças elementares sugerem que as alterações nas características tecnológicas das

massas e produtos confeccionadas a partir dos dois podem estar relacionadas a constituição química dos mesmos.

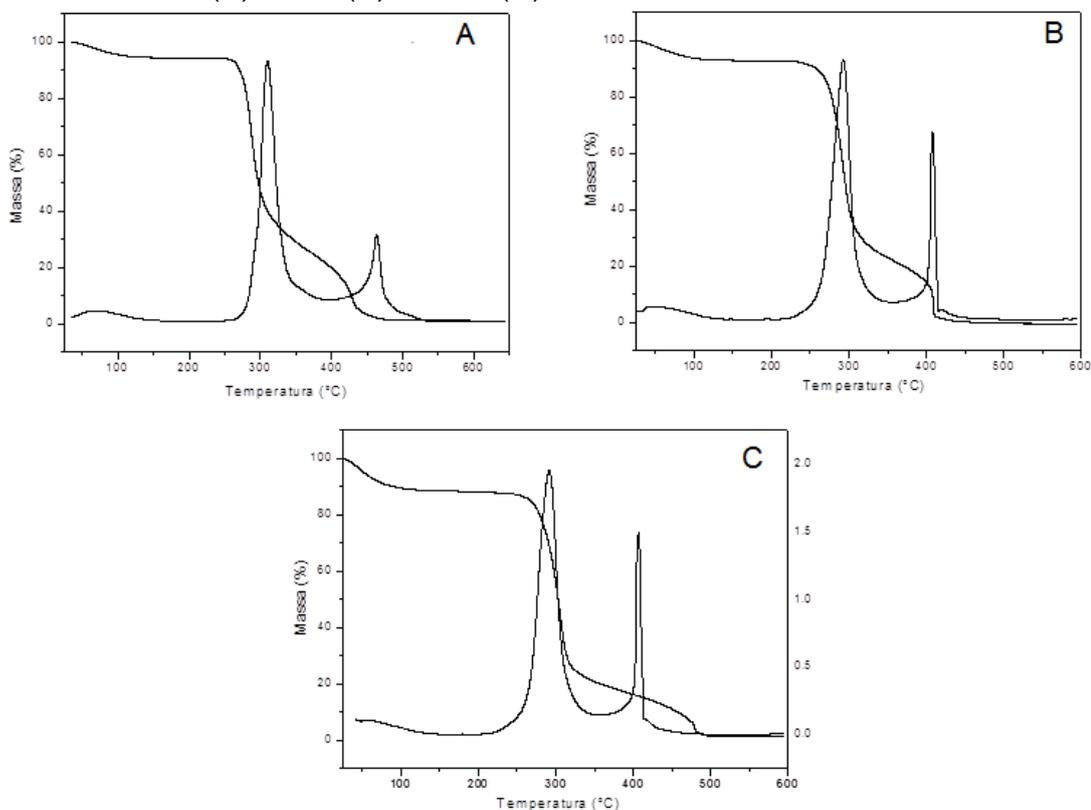
Alguns elementos detectados pela análise de EDX, como o cobre e o silício, registrados em algumas das amostras são associados a contaminantes que podem ser oriundos da matéria-prima, processo de colheita ou mesmo do processo de produção industrial.

O método se mostrou bastante preciso no que tange a caracterização química qualitativa dos amidos nativos e modificados. Por conseguinte, os resultados deste estudo vêm a contribuir para enriquecer a literatura no assunto.

4.1.6 Análise termogravimétrica (TGA)

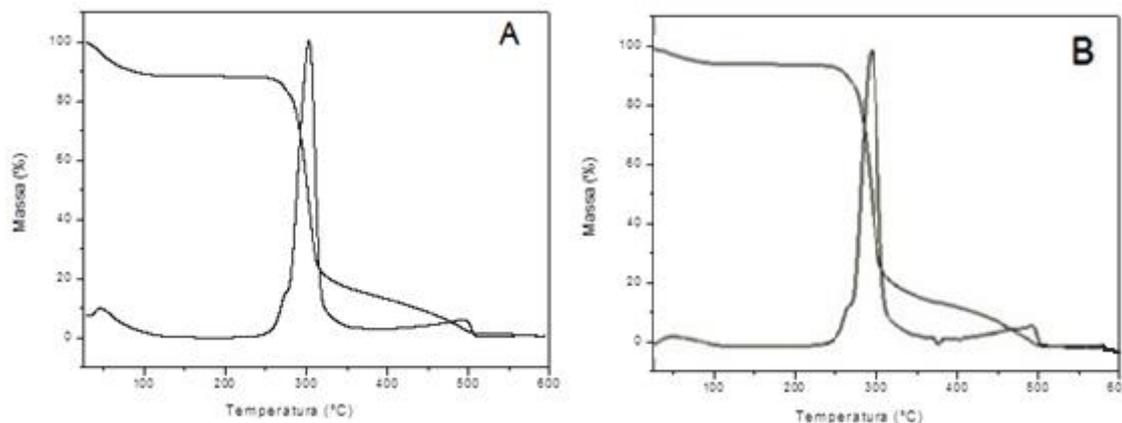
Os dados de TGA dos amidos modificados e nativos são apresentados nas Figuras 16 e 17, e na Tabela 6, apresentadas a seguir.

Figura 16 – Curvas obtidas pela análise termogravimétrica (TGA) dos amidos modificados, AM1 (A), AM2 (B) e AM3 (C)



Fonte: O autor

Figura 17 - Curvas obtidas pela análise termogravimétrica (TGA) dos amidos nativos de mandioca, F1 (A) e F2 (B)



Fonte: O autor

Tabela 6 – Resumo dos parâmetros Térmicos dos amidos obtidos por TGA

Amostra	Umidade (%) [*]	Tonset (°C) ^{**}	Tmáx (°C) ^{***}	Resíduo600°C (%)
AM1	4,73	262	310	1,2
AM2	6,5	246	292	0,3
AM3	10,8	247	292	1,5
F1	11,0	263	303	0,5
F2	5,1	270	305	0,1

*Perda de massa a 105 °C;

**Determinado como sendo a temperatura onde ocorrem 2% de perda de massa após 105°C;

***Temperatura do primeiro pico de decomposição térmica.

Em geral, as curvas tanto dos amidos modificados (Figura 16) quanto dos amidos nativos (Figura 17) mostram três etapas de perda de massa: a primeira etapa (25-110°C) caracteriza uma fase exotérmica referente à perda de umidade, a segunda etapa (250-350°C), também exotérmica, se refere à decomposição térmica do amido, e a terceira (400–500°C) é referente à decomposição térmica do resíduo formado na decomposição do amido, este último evento ocorre devido a análise ter sido realizada sobre fluxo de ar sintético.

Os dados de TGA deste estudo sugerem que o processo de modificação causa redução da quantidade de água para AM1 (Figura 16 (A)) e AM2 (Figura 16 (B)), o que não ocorre para AM3 (Figura 16 (C)).

Os amidos nativos apresentaram diferença considerável na quantidade de água das amostras (11% de umidade para F1 e 5,1% para amido F2) valores que

são diretamente relacionadas a capacidade do amido de reter água durante o processo de obtenção da massa e que contribuem também para a viscosidade da massa e os parâmetros físicos dos pães de queijo.

A redução da estabilidade térmica (T_{onset}) de AM2 e AM3 é significativa quando comparadas ao mesmo parâmetro dos amidos nativos, o fato é associado principalmente à composição química das amostras e ao processo de modificação destes dois amidos, AM1 apresentou estabilidade térmica muito similar as amostras de amido nativo.

Não se evidenciou uma tendência para o teor de resíduo (ou teor de cinzas) a 600°C. Evento associado à última etapa de decomposição, que por ser muito intensa leva a flutuações no teor de resíduo.

Estes resultados são condizentes com Silva et al. (2012), em estudo que observaram pela de análise termogravimétrica do amido de mandioca, que ocorreram três eventos: na primeira etapa perda de massa e desidratação, seguido de duas etapas de decomposição. A perda de massa representa a perda de umidade das féculas, sendo representada por um pico endotérmico, enquanto que a decomposição térmica da amilose e da amilopectina é associada a dois estágios, no primeiro evento exotérmico o autor atribui a maior perda de massa na ordem de 72,23- 75,08%, relacionando esta perda à degradação do amido e o segundo pico exotérmico é atribuído à oxidação do material orgânico parcialmente decomposto.

As curvas de degradação (TGA) realizadas por Guinesi et al. (2006) demonstram a segunda perda de massa para o amido de mandioca entre 308-374°C e equivalente a 66,8%.

Lawal et al. (2005) atribuiu a desintegração dos grânulos de amido a altas temperaturas com a quebra de algumas ligações da amilopectina. Segundo Agarwall et al. (1997), o tratamento térmico em amidos normalmente leva a sua despolimerização quando a temperatura aplicada ultrapassa os 300°C.

4.2 Características das massas

4.2.1 Cor objetiva

A cor dos alimentos é um item que está intimamente correlacionada a sua qualidade subjetiva, e quando cruzado com outros dados laboratoriais de análise é

uma importante ferramenta de avaliação física fornecendo diversas informações que vão desde o desenvolvimento de um produto, ao apelo visual, *shelf-life*, deterioração ou risco de contaminação do produto.

As médias e desvio padrão para as coordenadas colorimétricas (L*, C* e H*) das massas de pão de queijo são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Médias* e desvio padrão para os valores de luminosidade (L*), Saturação (C*) e Tonalidade (ângulo *hue* (H*)) para as massas de pão de queijo

Tratamento	L* (luminosidade)		Chroma (C*) (saturação)		Ângulo <i>hue</i> (H*) (tonalidade)	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
M1	77,43 ^d	±0,05	23,24 ^d	±0,06	93,00 ^a	±0,05
M2	85,50 ^a	±0,12	26,86 ^b	±0,02	93,18 ^a	±0,04
M3	64,62 ^e	±0,26	21,96 ^e	±0,13	91,62 ^c	±0,08
M4	81,46 ^b	±0,42	30,57 ^a	±0,35	92,39 ^b	±0,10
M5	62,31 ^f	±0,28	25,48 ^c	±0,06	90,59 ^d	±0,11
M6	79,22 ^c	±0,65	26,57 ^b	±0,02	92,20 ^b	±0,02

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\bar{X} : Média

σ : Desvio padrão

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos interferiu significativamente ($p \leq 0,05$) no valor de luminosidade da massa, todas as amostras apresentaram diferenças quando comparadas entre si. Sabendo-se que quanto maior a luminosidade mais clara é a amostra, com base nos resultados expressos na Tabela 7 o tratamento com maior claridade foi M2 (85,50) e o menor valor de claridade foi encontrado para M5 (62,31).

Os tratamentos com AM2 resultaram em massas com maior claridade, enquanto que os tratamentos com AM3 apresentaram massas mais escuras, demonstrando que os amidos modificados têm influencia significativa na claridade da massa formada.

Ao considerar os tratamentos associados com os amidos nativos, F1 teve maiores valores de claridade que F2 quando associados aos amidos modificados AM2 (M2, M4) e AM3 (M3, M5). Enquanto que F2 apresentou maiores valores de claridade da massa na associação com AM1 quando comparado ao tratamento com o F1 (M6 e M1)

Andrade (2012) avaliando o uso de estabilizantes e amidos modificados em massas de pão de queijo congelado, encontrou valores de 64,17 até 78,27 para a claridade dos pães de queijo congelados, onde o valor mais alto é referente ao tratamento empregando amido modificado pré-gelatinizado. Os valores deste autor semelhantes aos encontrados no presente estudo.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos interferiu significativamente ($p \leq 0,05$) no valor de saturação da massa, dentre as 6 massas avaliadas apenas as amostras M2 e M6 não diferiram estatisticamente entre si. *Chroma* expressa a saturação e a intensidade de cor, valores pequenos de C^* correspondem a um padrão de cor mais fraca e valores mais altos indicam padrão de cor mais forte.

A maior saturação (Tabela 7) foi encontrada para o tratamento M4 (30,57) e o menor valor para o tratamento M3 (21,96).

As massas adicionadas de AM2 (M2 e M4) apresentaram os maiores valores de intensidade de cor, enquanto que as massas onde foi utilizado AM3 apresentaram os menores valores de C^* na interação com os dois diferentes amidos nativos.

Os tratamentos com F1 (M1, M2 e M3) produziram massas com menor intensidade de cor que os tratamentos com F2 (M4, M5, M6) na associação com os 3 diferentes amidos modificados.

Os valores de C^* encontrados nestes estudos são valores intermediários, o que indica que a massa dos pães de queijo apresenta pouca intensidade de cor, o que segundo Andrade (2012) é esperado para produtos de cores claras, próximas ao branco, como é o caso do pão de queijo.

Nagata (2011) encontrou valores médios de C^* (saturação) entre 21,23 e 26,84, valores que são equivalentes ao do presente estudo.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos interferiu significativamente ($p \leq 0,05$) no valor de tonalidade da massa. Ficou evidente 4 comportamentos distintos para a análise de tonalidade, onde as massas M1 e M2 não diferiram estatisticamente entre si, o mesmo ocorre para M4 e M6, enquanto que M3 e M5 diferiram das demais amostras. Todas as formulações apresentaram coloração tendendo a coloração amarela (ângulo hue próximo a 90°) sendo esta a coloração característica para as massas do pão de queijo, fato que se deve principalmente a adição de queijo e ovo líquido pasteurizado as massas.

O maior valor de H^* (Tabela 7) foi encontrado para o tratamento M2 (93,18°), enquanto o menor valor encontrado foi para o tratamento M5 (90,59°).

As massas adicionadas de AM2 (M2 e M4) apresentaram os maiores valores de H^* , enquanto que as massas onde foi utilizado AM3 apresentaram os menores valores para o ângulo *hue* na interação com os dois diferentes amidos nativos.

Os tratamentos com F1 (M1, M2 e M3) produziram massas com maiores valores de H^* que os tratamentos com F2 (M4, M5, M6) na associação com os 3 diferentes amidos modificados, demonstrando que as massas elaboradas com o amido F1 tendem a ser mais amarelas que as elaboradas com F2, as quais tendem a ser amarelo esverdeadas.

Desta forma, tanto os amidos nativos quanto os modificados mostraram ter influencia significativa para os valores de intensidade de cor.

Andrade (2012) encontrou valores de H^* variando entre 93,93° até 94,11° para pães de queijo de massa congelada adicionados de estabilizantes e amidos modificados. Valores que são condizentes com este estudo.

Enquanto que Nagata (2011) encontrou valores de H^* (tonalidade) com médias entre 78,59° e 84,18° para a crosta de pães de queijo elaborados com diferentes pré-mistura comerciais. Os valores encontrados por este autor são menores que os encontrados agora, devido justamente ao fato do autor fazer uso de pré-misturas para a confecção dos pães de queijo, que obviamente não fazem uso de queijo *in natura* e ou ovo líquido as formulações. O que reforça a tese de que estes dois ingredientes são os principais responsáveis pela tonalidade amarela do pão de queijo, e sua ausência nas massas tendem a deixar o produto com coloração amarelo-esverdeada.

4.2.2 Atividade de água (Aw), Umidade, pH e Acidez

Na Tabela 8 são apresentados os resultados das análises de Aw, umidade, pH e acidez titulável para as massas de pão de queijo.

Tabela 8 - Valores médios* e desvio padrão para a Aw, umidade, pH e acidez titulável das massas de pães de queijo

Tratamento	Características físico-químicas							
	Aw		Umidade (%)		pH		Acidez titulável (meq.100g ⁻¹ b.s.)	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
M1	0,97 ^a	±0,01	48,74 ^a	±0,25	6,72 ^a	±0,02	9,82 ^a	±1,97
M2	0,97 ^a	±0,01	45,36 ^a	±0,15	6,48 ^b	±0,01	11,00 ^a	±1,54
M3	0,97 ^a	±0,01	46,32 ^a	±0,29	6,48 ^b	±0,01	11,69 ^a	±2,79
M4	0,97 ^a	±0,01	44,01 ^a	±0,20	6,51 ^b	±0,09	11,11 ^a	±3,88
M5	0,97 ^a	±0,01	44,06 ^a	±0,20	6,52 ^b	±0,03	9,86 ^a	±2,24
M6	0,96 ^b	±0,01	44,07 ^a	±0,36	6,50 ^b	±0,05	8,61 ^a	±2,07

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\bar{X} : Média

σ : Desvio padrão

Atividade de água (A_w) é a relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor da água pura, à mesma temperatura, esta relação expressa o teor de água livre no alimento.

É uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações, constituindo um dos parâmetros mais importantes na conservação de alimentos, tanto no aspecto biológico como nas transformações físicas. Dessa forma, podem ser previstas reações de oxidação lipídica, escurecimento não enzimático, atividade enzimática e desenvolvimento de microrganismos, fatores que são associados a vida de prateleira do produto (SCOTT, 1957; NETO; DENIZO; QUAST, 1976).

Para os valores de atividade de água apenas o tratamento M6 apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) quando comparado às demais amostras.

Entretanto os valores de A_w dos seis tratamentos apresentaram valores próximos, o maior valor encontrado foi para M1 (0,97) e o menor valor para M6 (0,96), ambos tiveram adição de AM1 na formulação. Em relação a A_w , apenas a formulação M6 difere ($p \leq 0,05$) das demais.

Muitos microrganismos desenvolvem-se mais rapidamente quando a atividade de água apresenta níveis no intervalo de 0,995 à 0,980, abaixo de 0,980 a taxa de crescimento e a população estacionária decrescem, estes valores de A_w permitem o crescimento de bactérias patogênicas e microrganismos deteriorantes, com exceção de halofílicos e xerofílicos extremos (SILLIKER et al., 1980).

Por se tratar de uma “massa líquida”, com alto conteúdo de líquidos, os altos valores de A_w apresentados (Tabela 8) já eram esperados, estes valores indicam alta susceptibilidade do produto a contaminação microbiana. Fica evidente a necessidade de controle de possíveis pontos de contaminação e das temperaturas dos ingredientes e da massa do produto durante o processo produtivo, a fim de evitar a propagação de micro-organismos patogênicos e deteriorantes. O emprego do processo de congelamento rápido logo após o processo de formação do produto é de extrema importância para impedir o crescimento microbiano no produto.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos não interferiu significativamente ($p \leq 0,05$) no valor de umidade da massa (44 a 48%), nenhuma das amostras analisadas apresentou diferenças quando comparadas entre si.

Em estudo realizado por Silva et al. (1998) foi verificado que o índice de expansão é altamente dependente da velocidade de gelatinização do amido, o qual está diretamente correlacionada com a quantidade de água disponível.

Andrade (2012) encontrou valores de 39,56 e 39,80% para umidade de massas de pão de queijo adicionadas de amido modificado pré-gelatinizado na ordem de 5 e 10% respectivamente, valores inferiores ao encontrados no presente estudo, levando-se em consideração que a adição de amido modificado pré-gelatinizado foi na ordem de 5,02% sobre o total dos ingredientes.

Pereira et al. (2005) ao analisarem a umidade de pães de queijo provenientes de três marcas comerciais do produto congelado encontraram um valor médio de 31,23%. Entretanto Pereira (2001) encontrou valores variando entre 22,94 a 25,49% para a massa do pão de queijo não congelada.

Machado e Pereira (2010) em estudo sobre o efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo encontraram valores de umidade entre 37,09 e 38,78%, atribuindo os maiores teores as massas com maior adição de água a formulação.

Os resultados para o teor de umidade encontrados neste estudo apresentam valores maiores que os apresentados pela literatura, atribuído ao fato do produto deste estudo ser produzido industrialmente, o que configura uma necessidade de maior adição de água a massa, para que o produto seja devidamente formado no processo de extrusão. Nos estudos encontrados na literatura os pães de queijo são comumente formados manualmente, onde a necessidade é de uma massa mais viscosa, que possa ser cortada sem deformar, e por isso com menor adição de água, o que resulta em menor teor de umidade como já mencionado por Machado e Pereira (2010).

Para os valores de pH apenas o tratamento M1 demonstrou diferença significativa ($p \leq 0,05$) quando comparado às demais amostras, apresentando o maior valor (6,72).

Não se configurou um aumento ou redução do teor de pH associado ao uso de um ou outro tipo de amido nativo ou modificado pré-gelatinizado, e desta forma não fica evidente o efeito dos amidos sobre o pH da massa.

Em seu estudo sobre o uso de amidos modificados e estabilizantes em massas de pão de queijo de massa congelada Andrade (2012) encontrou valores de pH de 5,53 e 5,71 para pães de queijo adicionados de amido modificado pré-

gelatinizado na ordem 5 e 10% sobre a formulação padrão respectivamente. Os valores do presente estudo são superiores aos encontrados por este autor, acredita-se que o fato se deve a maior adição de água à massa do pão de queijo, ingrediente que desloca o pH para valores próximos a neutralidade.

Pereira (2001) encontrou valores de pH oscilando entre 4,80 e 6,46 para massas de pão de queijo, com os valores variando entre os valores máximos e mínimos devido a maior ou menor adição de polvilho azedo aos tratamentos, enquanto que Silva (2009) encontrou o valor de pH de 5,54 para a massa de pão de queijo congelada.

Ao verificar a literatura fica evidente que o potencial hidrogeniônico da massa é dependente dos ingredientes adicionados a formulação dos pães de queijo, e desta forma cada estudo ao estabelecer um tratamento específico apresentara uma resultante para os valores de pH. Desta forma fica inconveniente comparar os valores encontrados neste estudo com os dados da literatura para esta análise, já que a formulação, por ser de uso industrial é diferente das encontradas nas referencias avaliadas.

O que se conclui ao analisar o pH da massa do pão de queijo é que o uso de polvilho azedo ou de amidos modificados por via ácida tendem a deslocar o pH do produto para “baixo” (mais próximos da acidez), analogamente a maior adição de amido nativo de mandioca e de água a formulação favorecem o deslocamento do pH para valores mais próximos a neutralidade.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos não apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) no valor de acidez titulável da massa, nenhuma das amostras analisadas apresentou diferenças quando comparadas entre si. Segundo os resultados obtidos pela análise de acidez (Tabela 8) para as massas de pão de queijo podemos observar que o menor valor encontrado foi para o tratamento M6 (8,61meq. $100g^{-1}b.s$) e o maior valor para M3 (11,69meq. $100g^{-1}b.s$). Pode-se concluir que os tratamentos empregando AM1 (M1 e M6) apresentaram os menores valores de acidez quando combinados com os dois amidos nativos.

Ficou evidente uma tendência à redução da acidez para as massas confeccionadas com F2 quando comparadas as massas elaboradas com F1, na associação com AM1 e AM3 (M1 e M3) e (M5 e M6), para AM2 houve pequeno aumento no teor de acidez (M2 e M4).

Os valores encontrados neste trabalho, apesar de maiores, são próximos aos determinados por Silva (2005), onde os pães de queijo demonstraram valores de $8,0\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{b.s}$ para acidez, e também remetem aos resultados de Pereira (2001) onde os valores de acidez titulável encontrados para as massas de pão de queijo não congeladas oscilaram entre 4,96 a $10,13\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{b.s}$.

Andrade (2012) encontrou valores de 7,82 e 8,11 $\text{meq}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{b.s}$ para as massas de pão de queijo contendo amido modificado pré-gelatinizado nas proporções de 5 e 10% sobre a formulação inicial respectivamente, os valores deste autor também são menores porém próximos aos apresentados na Tabela 8.

A presença de queijo parmesão na formulação, que possui ácido sórbico como conservante pode ter contribuído para elevar os índices de acidez titulável para os pães de queijo deste estudo. Pimentel et al. (2002) ao analisar amostras de queijo ralado constataram o uso excessivo de ácido sórbico em 56% das amostras analisadas. O aumento da acidez do queijo parmesão está relacionada à glicólise na qual a lactose é convertida em ácido láctico, sendo este responsável pela produção de sabor e aroma característicos do queijo (NABUCO; MORETTI; PENNA, 2004).

Neste estudo fora adicionado queijo parmesão desidratado as formulações, produto onde se admite conter grande quantidade de conservantes pelo fato do produto ter vida útil de seis meses após a fabricação sem necessidade de refrigeração, o que provavelmente fez os valores de acidez titulável ser maiores em relação aos dados encontrados na literatura, onde comumente é feito o uso de queijo parmesão “tradicional” e queijo minas frescal e curado.

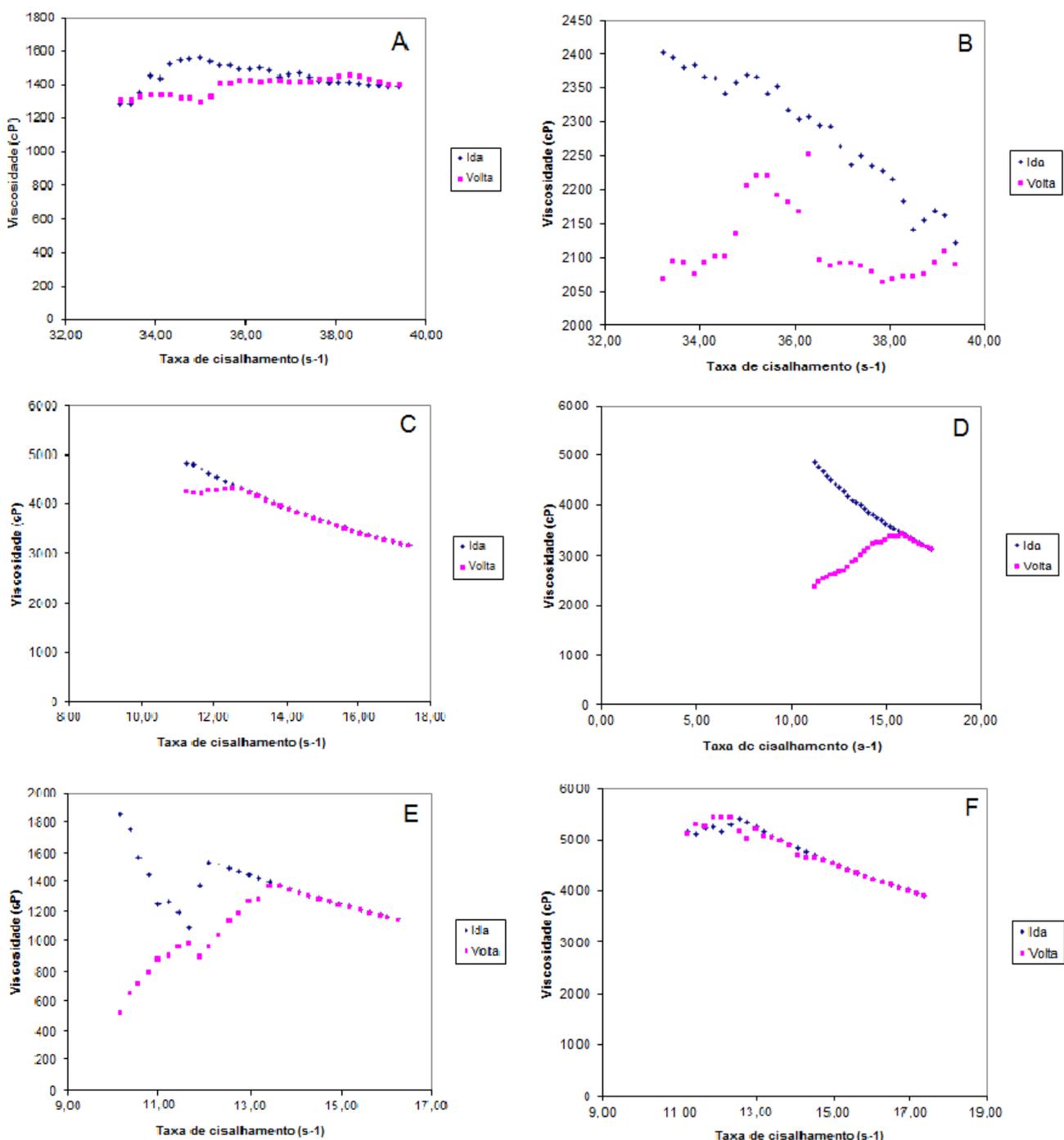
4.2.3 Viscosidade

A viscosidade mede a resistência de um fluido escoar. Na produção industrial de pães de queijo este parâmetro da massa é importante entre outros aspectos para o processo de formação do produto, já que se a massa for muito fluida o produto ficara descaracterizado, com formato baixo e largo, parecendo achatado. Entretanto a massa pouco viscosa é sinal de uma massa mal homogeneizada o que ira gerar produtos mais secos. Além disso, massas mais viscosas normalmente tendem a apresentar maior expansão quando colocadas no forno, apresentando a tendência de evitar a saída de vapor de água do interior do produto e toda a pressão interna gerada se reverte em aumento do volume do pão de queijo, entretanto se a massa

for extremamente viscosa o produto ficará pesado e com miolo com aspecto de cru devido a pouca expansão.

Na Figura 18 são apresentados os resultados das análises de viscosidade das 6 diferentes formulações do estudo.

Figura 18 – Gráficos obtidos pela análise de viscosidade, apresentando a relação viscosidade (cP) e taxa de cisalhamento (s^{-1}), dos tratamentos M1(A), M2(B), M3(C), M4(D), M5(E) e M6(F)



Fonte: O autor

Avaliando a Figura 18, pode ser evidenciado que os tratamentos M1 e M6, que possuem AM1, apresentam maior estabilidade com o aumento da taxa de cisalhamento, estas duas massas também demonstraram ser menos influenciadas pelo torque, pois apresentam comportamento similar na leitura dos valores na ida e na volta, onde é mantida a rotação do *spindle* do equipamento na amostra. Demonstrando que estes tratamentos podem ser considerados promissores para serem utilizadas industrialmente por apresentarem comportamento mais estável quanto a viscosidade. Em geral o aumento da taxa de cisalhamento fez diminuir a viscosidade das massas. O tratamento M1 apresenta os menores valores de viscosidade (pico de 1614cP) entre as amostras analisadas, enquanto que M6 exibe o maior valor de viscosidade (pico de 5530cP). A massa M2 se mostrou altamente influenciável pelo torque, o que leva a crer que leves alterações nos tempos de mistura tornam as massas mais moles e menos estáveis.

Pode ser evidenciada a forte influencia dos amidos nativos e modificados na viscosidade das massas, o perfil de viscosidade de todas as massas é diferente mesmo para aquelas que fazem uso dos mesmos amidos nativos e modificados, não sendo identificado um padrão de comportamento.

4.3 Características dos pães de queijo *in-natura* e assado

4.3.1 – Caracterização física dos pães de queijo

Na Tabela 9 são apresentados os resultados das características físicas dos produtos obtidos pelos 6 diferentes tratamentos, onde estão descrito os valores referentes a volume específico, densidade absoluta, índice de expansão e textura, atributo este relacionado a firmeza (N) dos pães de queijo.

Tabela 9 - Valores médios* e desvio padrão para os parâmetros físicos dos pães de queijo

Tratamento	Parâmetros Físicos									
	Diâmetro antes de assar (mm)	Altura antes de assar (mm)	Peso antes de assar (g)	Diâmetro depois de assar (mm)	Altura depois de assar (mm)	Peso depois de assar (g)	Volume específico (cm ³ /g)	Densidade absoluta (g/cm ³)	Índice de expansão	Firmeza (N)
	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ	\bar{X} σ
M1	42,58 ^{ab} ±1,15	21,41 ^{cd} ±0,45	23,70 ^a ±0,41	53,57 ^a ±1,52	40,60 ^a ±1,58	18,57 ^b ±0,88	3,93 ^a ±0,31	0,26 ^d ±0,02	1,47 ^a ±0,05	17,53 ^a ±0,95
M2	44,17 ^a ±1,48	20,60 ^d ±0,90	22,34 ^b ±1,19	49,03 ^c ±1,73	33,91 ^c ±2,43	17,34 ^b ±0,47	3,76 ^a ±0,27	0,27 ^d ±0,02	1,28 ^b ±0,05	13,23 ^{bcd} ±0,81
M3	40,45 ^c ±0,99	21,74 ^{bc} ±0,76	23,42 ^{ab} ±1,81	49,31 ^c ±2,27	36,21 ^b ±1,75	18,25 ^b ±0,59	3,31 ^b ±0,22	0,30 ^c ±0,02	1,37 ^{ab} ±0,05	16,29 ^{ab} ±1,39
M4	41,42 ^b ±1,00	21,92 ^{bc} ±0,62	23,39 ^{ab} ±1,07	51,67 ^b ±1,25	33,46 ^c ±1,33	19,33 ^{ab} ±2,60	2,95 ^c ±0,34	0,34 ^b ±0,05	1,34 ^b ±0,04	10,06 ^d ±1,73
M5	38,12 ^c ±0,62	23,20 ^a ±1,19	22,31 ^b ±1,06	50,77 ^{bc} ±1,73	34,94 ^{bc} ±1,80	18,86 ^{ab} ±0,64	2,58 ^d ±0,18	0,39 ^a ±0,03	1,40 ^{ab} ±0,05	11,51 ^{cd} ±1,02
M6	42,61 ^{ab} ±1,29	22,43 ^{ab} ±1,21	23,94 ^a ±1,33	52,24 ^{ab} ±1,85	39,65 ^a ±1,30	20,27 ^a ±2,31	2,93 ^c ±0,28	0,34 ^b ±0,04	1,41 ^{ab} ±0,04	14,63 ^{abc} ±0,91

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\bar{X} : Média

σ : Desvio padrão

A análise física dos pães de queijo diz respeito, entre outros elementos, aos aspectos visuais do produto e por meio destes atributos pode-se determinar boa parte dos parâmetros de qualidade do produto.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos teve efeito significativo ($p \leq 0,05$) em todos os parâmetros físicos avaliados neste estudo. Os resultados (Tabela 9) expressam que o tratamento M1 foi o que apresentou estatisticamente maior volume específico ($3,93 \text{ cm}^3/\text{g}$) e índice de expansão (1,47), e conseqüentemente menor densidade absoluta ($0,26 \text{ g}/\text{cm}^3$).

Os amidos nativos apresentaram maior influencia que os amidos modificados, no que tange os valores de volume específico e densidade absoluta, fato comprovado pela pequena variação entre os grupos, separados os valores entre os tratamentos M1, M2 e M3 e entre M4, M5 e M6. Porém ao analisarmos dois grupos (M1, M2 e M3) e (M4, M5 e M6) os valores apresentam diferenças significativas ($p \leq 0,05$). O mesmo não acontece ao avaliar o índice de expansão.

De acordo com Andrade (2012) a adição de amido modificado pré-gelatinizado a massa na ordem de 5% propicia melhores qualidades físicas aos pães de queijo.

De maneira geral as densidades médias obtidas para os pães de queijo dos seis tratamentos foram próximas as reportadas por Pereira et al. (1999) para pães de queijo elaborados com mistura de polvilho doce e azedo ($0,31 \text{ g}/\text{cm}^3$) e de Machado (2003) onde encontrou-se um valor de densidade de $0,20 \text{ g}/\text{cm}^3$ para pães de queijo elaborados com polvilho azedo.

Machado e Pereira (2008) avaliando o efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas do pão de queijo encontraram volume específico entre $3,77 \text{ cm}^3/\text{g}$ e $5,34 \text{ cm}^3/\text{g}$ e índice de expansão entre 1,27 e 1,75, valores correlatos aos deste estudo.

Nagata (2001) visando a otimização de uma pré-mistura para pães de queijo encontrou valores de volume específico entre 2,9 e $3,3 \text{ cm}^3/\text{g}$, densidade de 0,31 a $0,35 \text{ g}/\text{cm}^3$ e um índice de expansão de 0,98 a 1,50 para o produto, valores que também se assemelham ao deste estudo.

Silva, Façanha e Silva (1998) evidenciaram que o índice de expansão é altamente dependente da velocidade de gelatinização do amido, o qual está diretamente correlacionado com a quantidade de água disponível na formulação. Valor condizente com a análise de teor de umidade realizado neste estudo, onde os

maiores resultados encontrados para o teor umidade foram registrados para M1 (48,7%) e representaram o maior índice de expansão (1,47) para este tratamento, confirmando a teoria do autor.

Os pães de queijo de melhor qualidade são aqueles que, entre outras características, possuem o maior índice de expansão, a baixa densidade constitui um parâmetro de qualidade do pão de queijo, pois é desejável que os pães de queijo sejam leves. (PEREIRA, 2001; PEREIRA, 1999). O tratamento M1 foi o qual apresentou as melhores características físicas de densidade e índice de expansão, e como referenciado pelos autores, se destacando positivamente em relação aos demais tratamentos.

No que tange os valores de textura, em geral os tratamentos com F1 apresentaram maior firmeza que os produtos obtidos com F2, levando a conclusão de que os pães de queijo produzidos com F2 tendem a ser mais macios, já que quanto menores os valores apresentados mais macios os pães de queijo podem ser considerados.

Os testes com amido AM2 apresentaram os menores valores de firmeza entre os amidos modificados, quando associados aos dois amidos nativos.

O maior valor de dureza foi encontrado para o tratamento M1 (17,53N), enquanto o menor valor para M3 (10,07N).

Os valores do estudo são similares aos encontrados por Silva et al. (2009), e Pereira (2001) para pães de queijo desenvolvidos com polvilho azedo. Machado (2003) encontrou o valor de 16,64N para formulação utilizando leite e procedimento associado ao escaldamento. Andrade (2012) testando o efeito da adição de amidos modificados e estabilizantes em pães de queijo de massa congelada, encontrou valores entre 9,67 e 16,03N.

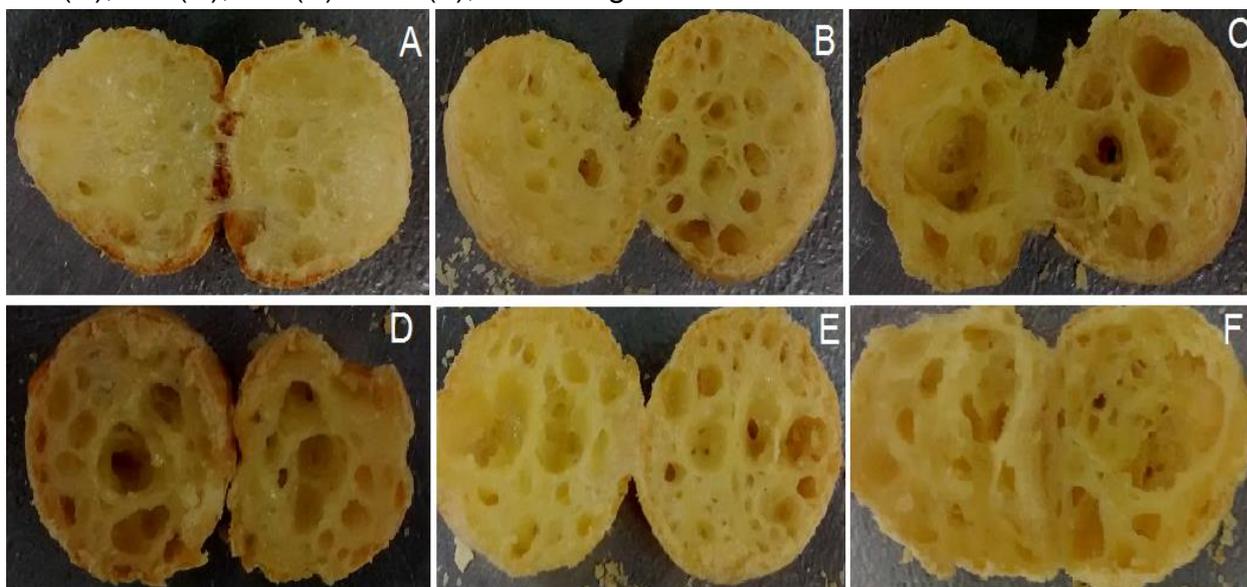
A firmeza do produto diz respeito a maciez, como já foi citado, mas também é relevante quanto a manutenção do formato do produto, já que um produto muito macio tende a “murchar” mais facilmente após assado, perdendo o formato arredondado tradicional e ficando achatado.

4.3.2 Aspecto visual do miolo dos pães de queijo

A formação estrutural do miolo do pão de queijo é característica muito importante para determinação da qualidade do produto final, além de conferir a

estrutura do produto é a parte que provem as características de mastigação ao produto, podendo ser mais duro ou macio, mais ou menos elástico, mais denso ou oco (maior ou menor presença de alvéolos e sua profundidade) e é determinado, entre outros fatores, pela menor ou maior expansão dos amidos nativos e modificados empregados. Na Figura 19 é apresentada a estrutura do miolo dos pães de queijo elaborados a partir dos 6 diferentes tratamentos.

Figura 19 – Estrutura do miolo dos pães de queijo dos tratamentos M1 (A), M2 (B), M3 (C), M4 (D), M5 (E) e M6 (F), corte longitudinal



Fonte: O autor

Em referência a análise do miolo os pães de queijo (Figura 19) oriundos das 6 diferentes formulações fica evidente a diferença de distribuição de alvéolos, além da maior ou menor profundidade das cavidades e compactação dos miolos.

A Tabela 10 apresenta uma descrição da organização alveolar dos miolos dos pães de queijo elaborados com as seis formulações.

Tabela 10 – Definição da estrutura do miolo dos pães de queijo obtidos pelos seis diferentes tratamentos

Tratamento	Estrutura do miolo
M1	Miolo compacto, poucos espaços vazios no interior, unidades com pouca formação alveolar de pouca profundidade, sem formação de teia, miolo macio.
M2	Miolo com maior presença de olhaduras e conseqüente maior formação de teia, alvéolos distribuídos por todo o miolo com tamanhos uniformes e profundidades distintas, miolo duro e resistente.
M3	Alvéolos grandes e profundos, apresentando coalescência, gerando produtos ocas em algumas unidades avaliadas, miolo macio, mas elástico.
M4	Alvéolos com tamanhos desuniformes e com profundidade irregular, olhaduras maiores e mais profundas estão localizadas na base do produto.
M5	Aparência de falta de expansão em uma porção do miolo, alvéolos mais rasos gerando um miolo compacto e com característica pegajosa.
M6	Coalescência de alvéolos em quase toda a superfície, deixando o miolo murcho e tornando algumas unidades ocas, mas em menor número que M3, alvéolos desuniformes.

Devido à falta de uma caracterização e padronização do pão de queijo, não existe um miolo tido como ideal para o produto, desta forma fica a critério do consumidor definir qual o melhor de acordo com sua preferencia (NAGATA, 2011).

4.4 Aceitabilidade das formulações de pães de queijo

Ter o conhecimento de como os consumidores percebem os produtos alimentares é fundamental para a indústria de alimentos no âmbito do desenvolvimento e comercialização de novos produtos, reformulação dos já

existentes e otimização dos processos de fabricação e para o controle dos programas de qualidade (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999).

A análise sensorial foi realizada para perceber a aceitação e preferência de potenciais consumidores para com as 6 diferentes formulações de pães de queijo, os resultados da análise sensorial são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Pontuação média dos provadores para aceitabilidade das formulações de pão de queijo

Tratamento	Aceitabilidade	
	\bar{X}	σ
M1	8,04 ^a	±0,69
M2	7,52 ^{ab}	±0,59
M3	7,13 ^b	±0,87
M4	6,13 ^c	±0,76
M5	6,30 ^c	±0,76
M6	6,39 ^c	±0,58

*Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

\bar{X} : Média (n=35 provadores)

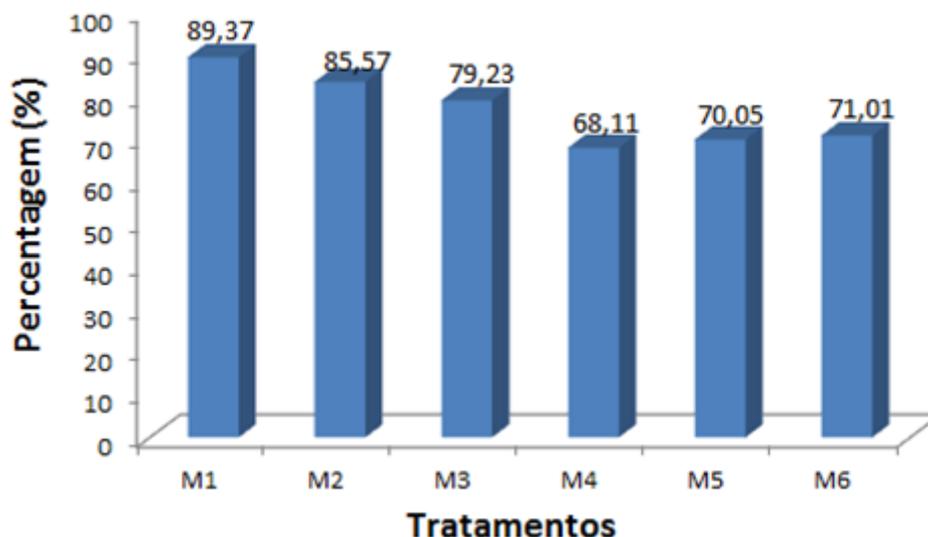
σ : Desvio padrão

De forma geral os pães de queijo foram bem aceitos pelos provadores, apresentando em média valores de aceitabilidade global entre 6,13 – 8,04 que se referem a “gostei ligeiramente” e “gostei muito” na escala hedônica de 9 pontos propostas por Queiroz (2006) e utilizada neste estudo.

A utilização dos diferentes amidos modificados e nativos apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) para aceitabilidade (Tabela 11) dos pães de queijos desenvolvidos.

O tratamento M1 (8,04) foi o qual obteve a maior média de notas dentre os tratamentos, se destacando positivamente frente aos demais (Figura 20), em geral os tratamentos constituídos de F1 (M1, M2 e M3) apresentaram maiores valores para aceitabilidade que os pães de queijo elaborados com F2 (M4, M5 e M6).

Figura 20 – Índice de aceitabilidade dos pães de queijo



Fonte: O autor

Segundo Teixeira, Menert e Barberta (1987) para um produto ser aceito pelos provadores este deve atingir um percentual de aceitabilidade maior ou igual a 70%, desta forma apenas a formulação M4 não foi aceita pelos provadores, os outros 5 tratamentos apresentaram índice de aceitabilidade maior que 70% demonstrando que possuem bom potencial para ao consumo, visto que foram aceitos pelos provadores, com destaque para o tratamento M1 que apresentou índice de aceitabilidade de 89,37%.

4.5 Análise multivariada das características físico-químicas e sensoriais

A Tabela 12 e Figura 21 apresentam a correlação de Pearson e análise dos componentes principais (ACP) das variáveis físicas e sensoriais das formulações das massas e pães de queijos.

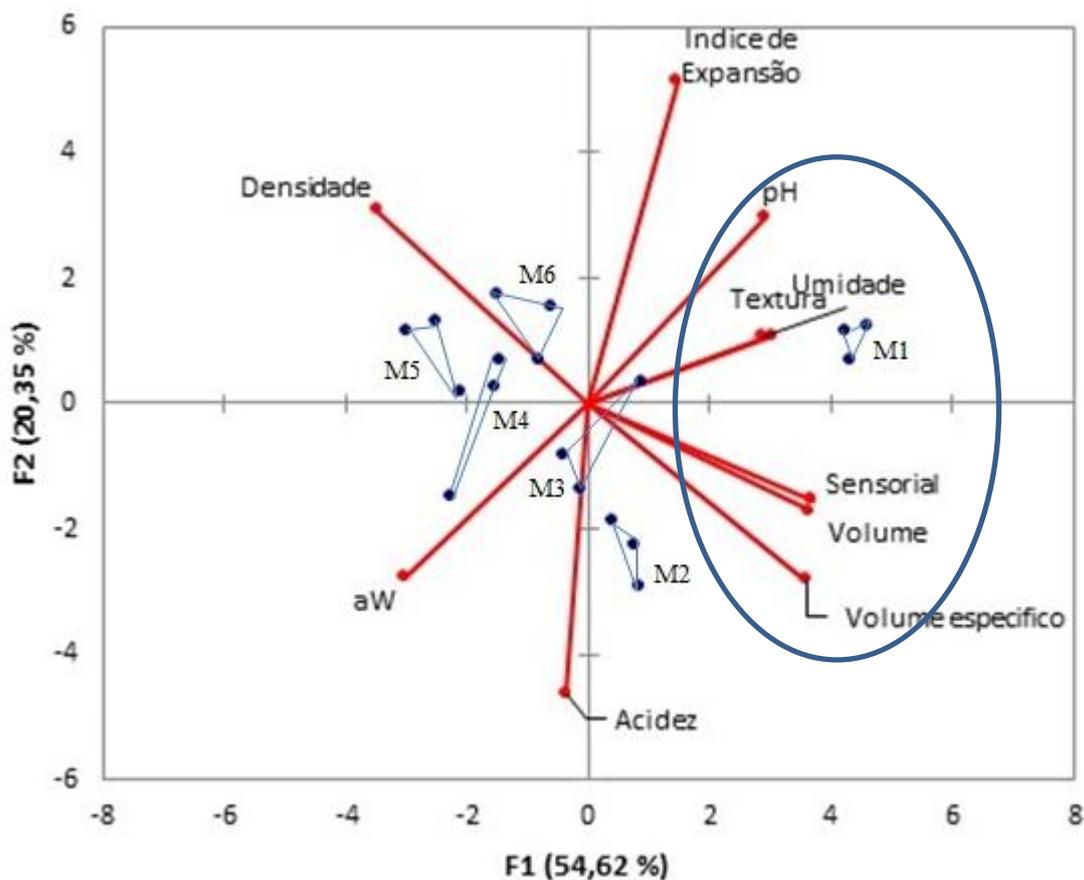
Tabela 12 - Matriz de correlação de Pearson (n-1) para as variáveis de caracterização da massa (pH, acidez, umidade e Aw) e das formulação de pão de queijo (volume, volume específico, densidade, índice de expansão, sensorial: aceitabilidade e textura instrumental)

Variáveis	Volume	Volume específico	Densidade	Índice de expansão	Sensorial	Textura	pH	Acidez	Umidade	Aw
Volume	1									
Volume específico	0,945	1								
Densidade	-0,931	-0,990	1							
Índice de expansão	0,213	-0,009	0,049	1						
Sensorial	0,805	0,862	-0,841	0,083	1					
Textura	0,663	0,590	-0,587	0,476	0,652	1				
pH	0,590	0,453	-0,371	0,613	0,534	0,463	1			
Acidez	0,025	0,150	-0,137	-0,355	0,128	-0,272	-0,236	1		
Umidade	0,491	0,494	-0,489	0,280	0,632	0,396	0,479	-0,111	1	
Aw	-0,483	-0,472	0,410	-0,486	-0,611	-0,436	-0,748	0,279	-0,729	1

Valores em negrito apresentam correlação significativa ($p \leq 0,05$).

A Figura 21 apresenta a Análise dos Componentes Principais (ACP), sendo que as variáveis são representadas como vetores, os quais caracterizam as amostras/formulações que se localizam próximas a eles. Quanto mais longo o vetor, melhor a explicação da variabilidade entre as formulações. As formulações são representadas por triângulos, sendo cada vértice uma repetição. Observa-se que houve boa discriminação entre as formulações, as mesmas podem ser separadas por características em 3 grupos distintos, um grupo contendo a amostra M1, outro com as amostras M2 e M3 e um terceiro grupo dos tratamentos M4, M5 e M6.

Figura 21 - Análise dos Componentes Principais (ACP) das formulações de massa e produto. (M1 – (F1+AM1); M2 – (F1+AM2); M3 (F1+AM3); M4 – (F2+AM2); M5 – (F2+M3); M6 – (F2+AM1))



Fonte: O autor

Pela análise da Figura 21, a primeira (CP1) e segunda (CP2) dimensão explicaram 74,98% da variância total. O componente principal 1 (CP1) respondeu por 54,62 %, enquanto o componente principal 2 (CP2) por 20,35 %.

Os valores obtidos por meio de correlação de Pearson (Tabela 12) confirmam a relação entre os parâmetros observados na análise de componentes principais (Figura 21), ficou evidenciado que o volume apresenta forte correlação positiva ($p < 0,05$) em relação ao volume específico, aceitabilidade e textura do produto e o pH da massa, de 0,945, 0,805, 0,663 e 0,590 respectivamente. E uma correlação negativa (-0,931) em relação a densidade do produto. Verifica-se também uma correlação positiva entre a aceitabilidade com a dureza do produto e o pH e umidade da massa. A amostra M1 é a que se localiza mais próxima a estes vetores, sendo este tratamento (F1+AM1) o que se sobressaiu no perfil de características sensoriais (Tabela 11 e Figura 20).

5 CONCLUSÃO

Foram avaliadas as características físico-químicas, reológicas e elementares de diferentes amidos nativos e modificados utilizados na produção industrial de pães de queijo, os mesmos foram aplicados em 6 formulações de pães de queijo onde a partir de uma formulação padrão foi efetuada a substituição do amido nativo e modificado utilizado, com base nos resultados obtidos durante o desenvolvimento desde trabalho pode-se concluir que:

- Os amidos nativos e modificados avaliados possuem características distintas quanto a propriedades de expansão, resistência a ciclos de congelamento, cristalinidade, estrutura granular, constituição elementar e comportamento térmico;

- O amido nativo F1 apresentou o maior resultado para propriedade de expansão entre os amidos testados, os amidos acetilados pré-gelatinizados apresentaram pouca capacidade de expansão. Entretanto, grande capacidade de absorção de água, formando géis mais viscosos e compactos, a mistura dos dois tipos de amidos tende a originar massas com alto poder de absorção de água e com bom volume específico e padronização do produto final, já que os géis formados pelos amidos acetilados pré-gelatinizados tendem a manter o formato arredondado durante o assamento;

- Os amidos avaliados apresentaram boa resistência a até 2 ciclos de congelamento e descongelamento, o amido modificado AM2 foi o único que não apresentou perda de água quando submetido a 3 ciclos de congelamento e descongelamento. A análise de DRX demonstrou que os 3 amidos modificados apresentam similaridade entre os padrões de difração, assim como os amidos nativos, pela intensidade dos picos os amidos modificados se demonstraram mais cristalinos que os amidos nativos. As imagens de MEV demonstraram grande diferença de partículas entre os amidos nativos e modificados, onde pelo menor tamanho das partículas, pelas reentrâncias superficiais e pela maior superfície de contato pode ser explicada a maior capacidade de absorção de água dos amidos modificados;

- A análise de MEV e a medição do tamanho das partículas demonstrou que o tamanho dos grânulos do amido é inversamente proporcional a propriedade de expansão dos amidos nativos e modificados, a associação de amido nativo com

tamanho médio de partícula de (15,21 μ m) com amido modificado com tamanho médio de (32,74 μ m) resultou em pães de queijo com bom volume específico, e boas características sensoriais.

- A análise elementar mostrou o carbono e o oxigênio como constituintes principais de todos os amidos. Porém com quantidades variáveis, foram detectadas ainda a presença sódio, alumínio, cloro, cálcio e silício entre as amostras;

- O comportamento térmico dos amidos nativos e modificados apresentou similaridade e 3 etapas distintas, AM1 apresentou a menor umidade entre os amidos analisados, houve redução da estabilidade térmica de AM2 e AM3 quando comparadas aos amidos nativos;

- O uso dos diferentes amidos nativos e modificados interferiu significativamente nas características de cor, Aw, pH e viscosidade das massas, o tratamento M1 apresentou os menores valores de viscosidade e a maior estabilidade ao torque e a taxa de cisalhamento entre os tratamentos analisados;

- Os diferentes amidos produziram efeitos significativos nas análises físicas de volume específico, densidade absoluta, índice de expansão e firmeza do produto final, onde a massa M1 (elaborada com F1+AM1) apresentou os maiores valores para volume específico (3,930cm³/g) e índice de expansão (1,472) e menor valor de densidade absoluta (2,584 g/cm³);

- Os amidos nativos apresentaram maior influência que os amidos acetilados pré-gelatinizados para os valores de volume específico e densidade absoluta. Em geral os tratamentos com F1 apresentaram maiores valores de firmeza que os produtos com F2, sendo o tratamento M1 apresentou o maior valor para esta análise (17,532N). Os amidos apresentaram influência nas características do miolo dos produtos desenvolvidos;

- Os resultados da análise sensorial demonstraram que a formulação elaborada com F1+AM1 (M1) apresentou uma maior aceitação se sobressaindo das demais formulações;

- Os amidos tem papel definitivo na produção industrial dos pães de queijo, e desta forma a escolha do amido é de fundamental importância para assegurar as características organolépticas e a qualidade final do produto;

O uso de amido modificado acetilado pré-gelatinizado associado a amido nativo nas proporções utilizadas no estudo tiveram em geral boa aceitabilidade por parte dos provadores, e todos os amidos acetilados pré-gelatinizados se mostraram

adequados para a elaboração de pães de queijo em processo industrial sem que seja necessário o escaldo do amido e desta forma este trabalho contribuiu com informações relevantes para o setor industrial, o qual apresenta escassez de informações na literatura.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolver formulações com uso de amidos nativos e modificados em proporções diferentes da deste estudo;
- Avaliar o uso de polvilho azedo associado a formulações contendo amido nativo e amido acetilado pré-gelatinizado;
- Avaliar as alterações físico-químicas do produto durante o armazenamento;
- Avaliar as diferenças nas características do produto produzido com escaldo e com amido acetilado pré-gelatinizado;
- Estudar a adição de gomas e fibra de milho na formação da massa e qualidade do pão de queijo de massa congelada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIA, (Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos). **Compêndio da legislação de alimentos: atos do Ministério da Saúde**. São Paulo: ABIA, 2000. Disponível em: <http://www.abia.org.br/vsn/>. Acesso em: 7 out. 2016
- ABIQ, Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. **Produção de queijos no Brasil perde folego em 2015**. Piracicaba: Equipe Milkpoint, 2015. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/industria/cadeia-do-leite/giro-de-noticias/producao-de-queijos-no-brasil-perde-folego-em-2015-100443n.aspx>. Acesso em: 03 out. 2016.
- ABDALA, M. C. **Da casa ao restaurante: representações sobre o comer fora em Minas Gerais**. In: ARAUJO, W. e TENSER, C (org). **GASTRONOMIA: Cortes e Recortes**. Brasília: Senac-DF, 2006.
- ABRASEL, (Associação Brasileira de Bares e Restaurantes). **Sabor do pão de queijo ganha o mundo**. São Paulo: ABRASEL, 2012. Disponível em: <http://www.abrasel.com.br/noticias/1795-161112-sabor-do-pao-de-queijo-ganha-o-mundo.html>. Acesso em: 11/10/2016.
- AGGARWAL, P.; DOLLIMORE, D.; HEON, K. Comparative Thermal analysis study of two biopolymers, starch and cellulose. **Journal of thermal Analysis**, 1997.
- AGUIAR, R.L. **Produção e caracterização de massa de pizza pré-assada e congelada**. Viçosa, 1995. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), 1995.
- AHMAD, F. B.; WILLIAMS, P.A.; DOUBLIER, J.L.; DURAND, S.; BULEON, A. Physicochemical characterization of sago starch. Nantes: **Carbohydrate Polymer**, 1999.
- ALARCÓN, F.M.; DUFOUR, D. **Almidón Agrio de Yuca en Colombia: producción y recomendaciones**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Comercial, 1998.
- ALBUQUERQUE, L. C.; COUTO, M. A. C. L. **O queijo parmesão**. Juiz de Fora: Tecnologia Industrial, 2005. Disponível em: <http://cienciadoleite.com.br/noticia/1864/queijo-parmesao>. Acesso em: 27 set. 2016.
- ALVARADO, P.M.; GROSMIRE, L.; DUFOUR.; TORO, A. G.; SANCHEZ, T.; CALLE, F.; SANTADER, M.A.M.; CEBALLOS, H.; DELABRE, J.L.; THIERRY, T. Combined effect of fermentation, sun-drying and genotype on breadmaking ability of sour cassava starch. Barking: **Carbohydrate Polymers**, 2013.
- ANDRADE, L.P. **Amidos modificados e estabilizantes na qualidade do pão de queijo de massa congelada durante o armazenamento**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- ANNISION, G.; TOPPING, D.L. Nutritional role of resistant starch: chemical, structure vs physiological function. **Annual Review Nutrition**, 1994.

- APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2007.
- ATICHOKUDOMCHAI, N.; VARAVINIT, S.; CHINACHOTI, P. Gelatinization transitions of acid-modified tapioca starches by Differential Scanning **Calorimetry**. Weinheim: **Starch / Stärke**, 2002.
- ATWELL, W. A.; HOOD, L.F.; LINEBACK, D.R.; VARRIANO-MARSTON, E.; ZOBEL, H.F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. Pillsbury: **Cereal Foods Word**, 1988.
- AZIZ, A.; DAIK, R.; GHANI, M.A.; DAUD, N.I.N.; YANIN, B. M - Hidroxypropylation and acetilation of sago starch. **Carbohydrate Polymers**, 2004.
- BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIRBERLE, P. Food Chemistry,. Berlin; New York: **Springer**, 2004.
- BELLO-PÉREZ, L.A.; MONTEALVO, M.G. M.; ACEVEDO, E.A. **Almidón: definición, estructura y propiedades**. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericano. São Paulo: Edusp, 2006. p. 17-46.
- BERTOLINI, A.C.; MESTRES, C.; LOURDIN, D.; VALLE, G.D.; COLONNA, P. Relationship between thermomechanical properties and baking expansion of sour cassava starch (polvilho azedo). London: **Journal of Science of Food Agriculture**, 2001a.
- BERTOLINI, A.C.; MESTRES, C.; RAFFI, J.; BULE, A.; LERNER, D.; COLONNA, P. Photodegradation of cassava and corn starches. Easton: **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 2001b.
- BERTOLINI, A.C.; MESTRES, C.; COLONNA, P. Rheological properties of acidified and UV-irradiated starches. Weinheim: **Starch/Starke**, 2000.
- BHANDARI, P.N.; SINGHAL, R.S. Effect of succinylation on the corn and amaranth starch pastes. **Carbohydrate Polymers**, 2002.
- BILIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food. Ottawa: **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, 1991.
- BIRD, R. B.; STEWART, W E.; LIGHTFOOT, E N. Transport phenomena. New York: **John Willey & Sons**, 1960.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - CNNPA nº 12, de 1978**. São Paulo: 1978.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução n. 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova as normas técnicas especiais do**

Estado de São Paulo, revistas pelo CNNPA, relativas a alimentos e bebidas. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 146, Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade dos queijos.** Brasília: Diário Oficial da União, 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de massa de pão de queijo e mistura para o preparo de pão de queijo.** Brasil: 2001. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 25 set. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico para rotulagem de alimentos embalados.** Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2002/259_02rdc.htm. Acesso em 04 de out. 2016.

BRITO, M. A.; BRITO, J. R.; ARCURI, E.; LANGE, C.; SILVA, M.; SOUZA, G. **Composição do leite.** Brasília: Embrapa, 2009. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_128_21720039243.html Acesso em 15 out. 2016

BULÉON, A.; COLONNAA, P.; PLANCHOTA, V.; BALLB, S. Starch granules: structure and biosynthesis. Villeneuve d'Ascq: **International Journal of Biological Macromolecules**, 1998.

BULÉON, A.; CAMARGO, C.; COLONNA, P.; RICHARD-MOLAR, D. Functional properties of sour cassava (Manihot utilissima) starch: Polvilho Azedo. London: **Journal of the science of food and Agriculture**, 1988.

CAMPOS, S.D.S. **Reologia e textura em alimentos.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1989.

CANAVESI, E.; PIROZI, M.R.; MACHADO, P.T.; MINIM, V.P.R. **Efeito da concentração dos ingredientes nas características físico-químicas do pão de queijo.** In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 2., 1997, Campinas. Resumos... Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1997. p. 39.

CARVALHO, H. P. **Desenvolvimento de novos produtos: o caso do pão de queijo forno de minas.** 2001. 152f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

CASCUDO, L. da C. **História da alimentação no Brasil.** Belo Horizonte: Itatiaia, 1983.

CASTRO, H.F. **Óleos e gorduras.** Lorena: Escola de Engenharia de Lorena EEL, 2014.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido.** Campinas: Fundação Cargill, 2001.

CEREDA, M.P. **Propriedades Gerais do Amido**. In: Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas, São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 13-20

CEREDA, M.P. VILPOUX, O, DEMIATE, I.M. **Amidos Modificados**. In: Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 246-332.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Produção brasileira de amido de mandioca 2005**. São Paulo: USP, 2005. Disponível em: http://cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Mandioca-fecula.pdf. Acesso em: 11 out. 2016.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia do manuseio**. Lavras: UFLA, 2005.

CIÊNCIA DO LEITE. **Queijo Parmesão**. 2015. Disponível em: <http://cienciadoleite.com.br/noticia/1864/queijo-parmesao>. Acesso em: 30 set. 2016.

CLAP, Maricota Alimentos. **Como surgiu o pão de queijo?**. Luz: 2016. Disponível em: <http://www.maricotaalimentos.com.br/noticias/358-como-surgiu-o-pao-de-queijo-mineiro>. Acesso em: 11/10/2016.

CLARETO, S. S. **Influência da formulação e da adição de substitutos de gordura na qualidade de pão de queijo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

COCUP, R.O.; SANDERSON, W.B. Functionality of dairy ingredients in bakery products. Chicago: **Food Technology**, 1987.

DE SALES, C. G. **Apostila de caracterização MEV, DRX e análise química e granular**. João Monlevade: Faculdade de engenharia - UEMG, 2012

DEFLOOR, I.; DEHING, I.; DELCOUR, J. Physicochemical properties of cassava starch. **Starch / Stärke**, 1998.

DEMIATE, I. M.; NOGUEIRA, A.; SOUZA, T.O.; WOZIACKI, G.; CEREDA, M.P. **Características de qualidade de polvilho azedo. Parte 3 – Rio Grande do Sul**. Ponta Grossa: UEPG – Ciências Exatas e da Terra, 1998.

DEMIATE, I. M.; CEREDA, M. P. **Some physico-chemical characteristics of modified cassava starches presenting baking property**. Florianópolis: Energia na Agricultura, 2000.

DEMIATE, I.M.; DUPUY B. N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. Barking: **Carbohydrate Polymers**, 2000.

EL-DASH, A.A.; CAMARGO, C. de O.; DIAZ, N.M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982.

ELIASSON, A.C. **Starch in food - Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004.

EMATER. **Tecnologia artesanal de fabricação de farinha de Mandioca**. Belo horizonte: 2004. Disponível em: <http://emater.mg.gov.br/doc%5Csite%5Cserevicooseprodutos%5Clivraria%5CAgroind%5C3%BAstria%5CProcessamento%20artesanal%20da%20fabrica%5C7%5CA3o%20da%20farinha%20de%20mandioca.pdf>. Acesso em: 21 out. 2016.

ENGETECNO. **Processo de produção do queijo minas padrão**. Poços de Caldas: 2012. Disponível em: http://www.engetecno.com.br/port/queijo_minas_padrao.htm. Acesso em: 12/10/2016.

FAN, J.; MITCHELL, J.R.; BLANSHARD, J.M.V. A model for the oven rise of dough during baking. Essex: **Journal of Food Engineering**, 1999.

FAO, (Food and Agriculture Organization).; WHO, (World Health Organization of the United Nations). **Faostat agriculture data**. Nova York: FAO/WHO, 2005. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 10 out. 2016.

FELLOWS P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática. **Artmed**, 2006.

FIB, FOOD INGREDIENTES BRASIL. **Os ingredientes enriquecedores**. São Paulo: 2009. Disponível em: <http://www.revista-fi.com>, Acesso em: 10 out. 2016.

FOOD MAGAZINE. **Pão de queijo, o quitute brasileiro é o mais vendido nas cafeterias, lanchonetes e padarias do Brasil**. São Paulo: Food Magazine 2015. Disponível em: <http://www.foodmagazine.com.br/food-service-noticia-produtos/pao-de-queijo>. Acesso em 11/10/2016.

FRANCO, C.M.L.; CEREDA, M.P.; DIAUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.; LEONEL, M. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: Propriedades Gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001.

FRANÇA, L.A.; BATISTA, A.C.; VIANA, R.R.; PRADO, R.J. **Análise Quantitativa por Espectrometria de Raios X Dispersiva em Energia**. Cuiabá: Dep. de Física ICET UFMT, 2011.

FREITAS, M.C.J. Amido resistente: propriedades funcionais. **Nutrição Brasil**, 2002.

FURTADO, M. M. **Quesos Típicos de Latinoamérica**. São Paulo: Fonte Comunicações, 2005.

GONÇALVES, J.J. **Aplicação de gordura vegetal em pão de queijo**. In: PIZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C.S.C. Seminário pão de queijo: ingredientes,

formulação e processo. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 43-57.

GUINESI, L. S.; RÓZ, A. L. DA; CORRADINI, E.; MATTOSO, L. H. C.; TEIXEIRA, E. DE M.; CURVELO, A. A. DA S. Kinetics of thermal degradation applied to starches from different botanical origins by non-isothermal procedures. **Thermochimica Acta**, 2006.

HERMANSSON, A.; SVEGMARK, K. **Developments in the understanding of starch functionality**. Gothenburg: **Trends in Food Science & Technology**, 1996.

HOOVER, R. Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and roots starches: a review. Barking: **Carbohydrates Polymers**, 2001.

HOSENEY, R.C. **Principles of cereal: science and technology**. St Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. p. 29-64

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Aquisição alimentar domiciliar per capita anual, por grandes regiões, segundo o período 2008 - 2009**. Brasil: IBGE, 2009. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/estatitica/população/condicaodevida/pof/2002aquisicao/tab11.pdf>. Acesso em: 24 set. 2016.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores e estatísticas da produção agrícola em janeiro de 2016**. Brasil: 2016. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201601.pdf. Acesso em: 14 out. 2016.

JACOBS, H.; DELCOUR, J. A. Hydrothermal modifications of granular starch. With retention of the granular structure: a review. Haverlee: **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 1998.

JESUS, C. C. de. **Contribuição para a caracterização físico-química e sensorial do pão de queijo**. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

KARIM, A.; NORZIAH, M. H.; SEOW, C. C. Methods for the study of starch retrogradation. Penang: **Food Chemistry**, 2000.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**. Tokyo: 1998.

LARA, M. **Produção do pão de queijo movimentada mais de 200 Milhões no Brasil**. Uberaba: Canal Rural, 2000. Disponível em: <http://www.canalrural.com.br/noticias/pecuaria/producao-pao-queijo-movimentada-mais-200-milhoes-brasil-28036>. Acesso em: 02 out. 2016.

LAWAL, O.S. Succinil and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. **Food Chemistry**, 2004.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food**. New York: Chapman e Hall, 1998

LAWSON, H. Food oils and fats, technology, utilization and nutrition. **Chapman: Springer-Science Business Media**, 1995.

LEME, L.L. **Ovos pasteurizados resfriados e desidratados e sua importância**. In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R. de C.S.C. Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo. Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria de Agricultura e Abastecimento/ Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2000. p. 29-41.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2007.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2000.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002.

LOBATO, V. **Tecnologia de fabricação de derivados do leite na propriedade rural**. Lavras: UFLA, 2012.

MACHADO, A.V.; PEREIRA, J. **Avaliação do escaldamento nas propriedades microscópicas e de cristalinidade do polvilho azedo**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS SLACA, 7., 2007, Campinas: Anais... Unicamp, 2007. CD- ROM.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. Alexandria: **Horticultural Science**, 1992.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. New York: CRC, 1999.

MESTRES, C. **Los estados físicos del almidón**. In: Conferencia Internacional del almidón. Quito, **Anais..** Quito, 1996.

MIAO, M.; ZHANG, T.; JIANG B. Characterisations of kabuli and desichickpea starches cultivated in China. **Food Chemistry**, 2009.

MINIM, V.P.R.; MACHADO, P.T.; CANAVESI, E.; PIROZI, M.R. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2000.

MISHRA, S.; RAI, T. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. Karnal: **Food Hydrocolloids**, 2005.

MONTES, K.J.P.; BRAGANÇA, M.L.; SILVA, F.T. **Processamento do Leite, Queijo Minas Frescal, Meia-Cura e Mussarela**. Brasília: EMATER, 2005.

MOORE, G.R.P. **Amido de milho e mandioca na produção de maltodextrinas**. Dissertação (Mestrado em ciência de alimentos), Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MURALIKRISHNA, G.; NIRMALA, M. Cereal amylases – a overview. **Carbohydrate Polymers**, 2005.

NABUCO, A.C.; MORETTI, B.R.; PENNA, A.L.B. Avaliação do perfil de tirosina e triptofano durante a maturação do queijo tipo prato. Juiz de Fora: **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 2004.

NAGATA, C.L.P. Otimização de uma pré-mistura para pão de queijo. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

NAGATANI, T.; SAITO S.; SATO, M.; YAMADA, M. Development of an ultra high resolution scanning electron microscope by means of a field emission source and in-lens system. Tokyo: **Scanning Microscopy**, 1987.

NETO, R.A.T.; DENIZO, N.; QUAST, D.G. **Coletânea do instituto de tecnologia de alimentos**, 1976.

OLIVEIRA, J.S.de. **Queijo: fundamentos tecnológicos**. Campinas: Ícone, 1986.

OLMEDO, L. E. Utilização de queijo em pó. In: PIZZINATO, A.; ORMENESE, R. de C.S.C. **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 63-81.

OTTE, J.; ARDO, Y.; WEIMER, B.; SORRENSEN, J. Capillary electrophoresis used to measure proteolysis in cheese. Chemical Methods for Evaluating Proteolysis in Cheese Maturation. Bruxellas: **International Dairy Federation**, 1999.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, 2001

PASTORE, M.S.; OLIVEIRA, W.P.; NETO, A.R.O.; ALBINO, L.F.T. Ovos processados: produtos e mercado. Viçosa: **Nutritime**, 2011.

PAULA, J.C.J.; CARVALHO, A.F.; FURTADO, M.M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à salga. Juiz de fora: **Revista Instituto Cândido Tostes**, 2009.

PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos, a produção de queijos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PEREIRA, A. J. G.; JESUS, C. C. de; LABODSIÈRE, L. H. E. S. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do pão de queijo**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 1997, Campinas: Resumos... Campinas: UNICAMP, 1997. p. 63

PEREIRA, A.J.G.; JESUS, C.C.; LABODSIÈRE, L.H.E.S. **Caracterização físico-química, microbiológica e sensorial do pão de queijo**. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 1997, Campinas. Resumos... Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1995. p. 63.

PEREIRA, A.J.G.; JESUS, C.C.; LABODSIÈRE, L.H.E.S. **Influência do tipo de polvilho e das condições de gelatinização sobre a qualidade do pão de queijo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 1996, Poços de Caldas. Resumos... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1996. p. 3.

PEREIRA, A. J. G. **Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo**. Belo Horizonte: CETEC, 1998.

PEREIRA, J. **Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo**. 2001. Tese (Dourado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2004.

PEREIRA, J. et al. Comparação entre a composição química determinada e a declarada na embalagem de diferentes marcas de pão de queijo. Lavras: **Ciência e tecnologia de alimentos**, 2005.

PERONI, F.H.G.;ROCHA,T.S., FRANCO, C.M.L. Some structural and Physicochemical characteristics of tuber and root sarches. **Food Science and Technology International**, 2006.

PERRY, K. S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. São Paulo: **Química Nova**, 2004.

PHILIPS, D.L.; LIU, H.L.; PAN, D.; CORKE, H. General application of Raman spectroscopy for the determiantion of level of acetylation in modified starches. **Cereal Chem**, 1999.

PIMENTEL, E.F. et al. Avaliação da rotulagem e da qualidade físico-química e microbiológica de queijo ralado. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2002.

PIZZINATTO, A. **Processo de fabricação de pão de queijo**. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e

processo. Campinas: Governo do Estado de São Paulo Secretaria de Agricultura e Abastecimento/Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2000. p. 87-101.

PLATA OVIEDO, M.S.V.; CAMARGO, C.R.O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo).

Campinas: **Ciência e tecnologia de Alimentos**, 1998.

POTTER, N. N. **Food science**. New York: Academic, 1995.

RAO, M. A; KENNY, J. F. **Flow properties of selected food gums**. New York: Marcel Dekker, 1986.

RICKARD, J. E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J. M. V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, 1991

ROMANIELLO, N. A. **Fracionamento da gordura do leite para utilização na fabricação de pão de queijo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

SALUNKHE, D.K.; KADAM, S.S. **Handbook of vegetable science and technology**. New York: Marcel Dekker, 1998.

SANTOS, J.R.U. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado proteico de soja e polidextrose**. 2006. 279 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SANTOS, J.A.F. Análise da textura garante consistência uniforme. South América: **Food ingrediente**, 2001.

SARKO, A.; WU, H.C.H. The crystal structures of A-, B- and C-polymorphs of amylose and starch. Weinheim: **Starch / Stärke**, 1978.

SEBRAE, (Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas). **Comece certo, fabrica de pão de queijo**. São Paulo: Assessoria de Marketing Sebrae, 2006.

SCHLEMMER, D.; ANGÉLICA R.S.; GOMES, A.C.M.M.; SALES, M.J.A.; In: Morfologia de filmes de amido termoplásticos e montmorilonita usando óleos vegetais do cerrado como plastificantes. **Anais..** 10º congresso Brasileiro de Polimeros. Foz do Iguaçu: 2009.

SCOTT, W.J. **Water relation of food spoilage microorganisms**. Adv. Food, 1957.

SHIM, J.; MULVANEY, S.T. Effects of pregelatinization conditions and added whey protein isolate on corn starch dough properties. **Cereal Foods World**, 2002.

SHIRAI, M.A.; HASS, A.; FERREIRA, F.; MARSUGUMA, L.S.; FRANCO, C.M.L.; DEMIATE, I.M. Características físico químicas e utilização em alimentos de amidos modificados por tratamento oxidativo. Campinas: **Ciencia e tecnologia de alimentos**, 2007.

SILVA, C.E.M.; FAÇANHA, S.H.F.; SILVA, M.G. Efeito do teor de amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de

mandioca obtido por fermentação natural. Campinas: **Ciência e tecnologia de Alimentos**, 1998.

SILVA, F.T. **Queijo Mussarela**. Brasília: Embrapa Informação Técnica, 2005.

SILVA P. A.; MELO W. S.; CUNHA R. L.; CUNHA E. F. M.; LOPES A. S.; PENA R. S. **Obtenção e caracterização das féculas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará**. Búzios, 2012

SILLIKER, J.H.; CLARK, D.S.; ELLIOT, R.P.; BAIRD-PARKER, A.C. Microbial ecology of foods. **Academic Press**, 1980.

SOARES, R.M.D. **Caracterização parcial de amido em cultivares brasileiros de vecada (*Hordeum vulgare* L.)** Dissertação (Mestrado em ciência de alimentos), Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SOUZA, L.S.; FIALHO J. F. de. **Cultivo de mandioca para a região do cerrado. Belo Horizonte**: Embrapa: 2003. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm. Acesso em: 30 Set. 2016

SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2004.

SRICHUWONG, S.; SUNARTIB, T. C.; MISHIMAC, T.; ISONOA, N.; HISAMATSUA, M. Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. **Carbohydrate Polymers**, 2005.

STEEFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. East Lansing - Freeman Press, 1996.

STEEL, C.J.; SILVA, R.S.S.; KIM, M.E. **Aplicação de óleos e gorduras de relevância nutricional em produtos de panificação**. Florianópolis: XII congresso latino-americano de óleos e gorduras, 2007.

SWINKELS. J.J.M. **Industrial Starch chemistry: Properties, modifications and applications of starches**. Veendan: AVEBE, 1996.

TANNER, R. I. **Engineering rheology**. Clarendon: 1985.

TEIXEIRA, E.; MENERT, E. M.; BARBERTA, P. A. Análise sensorial de alimentos. Florianópolis: UFSC, 1987.

TESTER, R.F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch composition, fine structure and architecture (review). London: **Journal of Cereal Science**, 2004.

THARANHATAN, R.N. Starch, value addition by modification. **Food Sci. Nutr**, 2005.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. **Starches Practical guides for the food industry**. Saint Paul: Eagan Press, 1999.

VAN SOEST, J.J.G; VLIEGENTHART, J.F.G. **Crystallinity in starch plastics: consequences for material properties**. Tibtech: 1997.

VATANASUCHART, N. NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. Barking: **Carbohydrate Polymers**, 2005.

VILPOUX, O. **Produção de farinha d'água no estado do maranhão**. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 621–642.

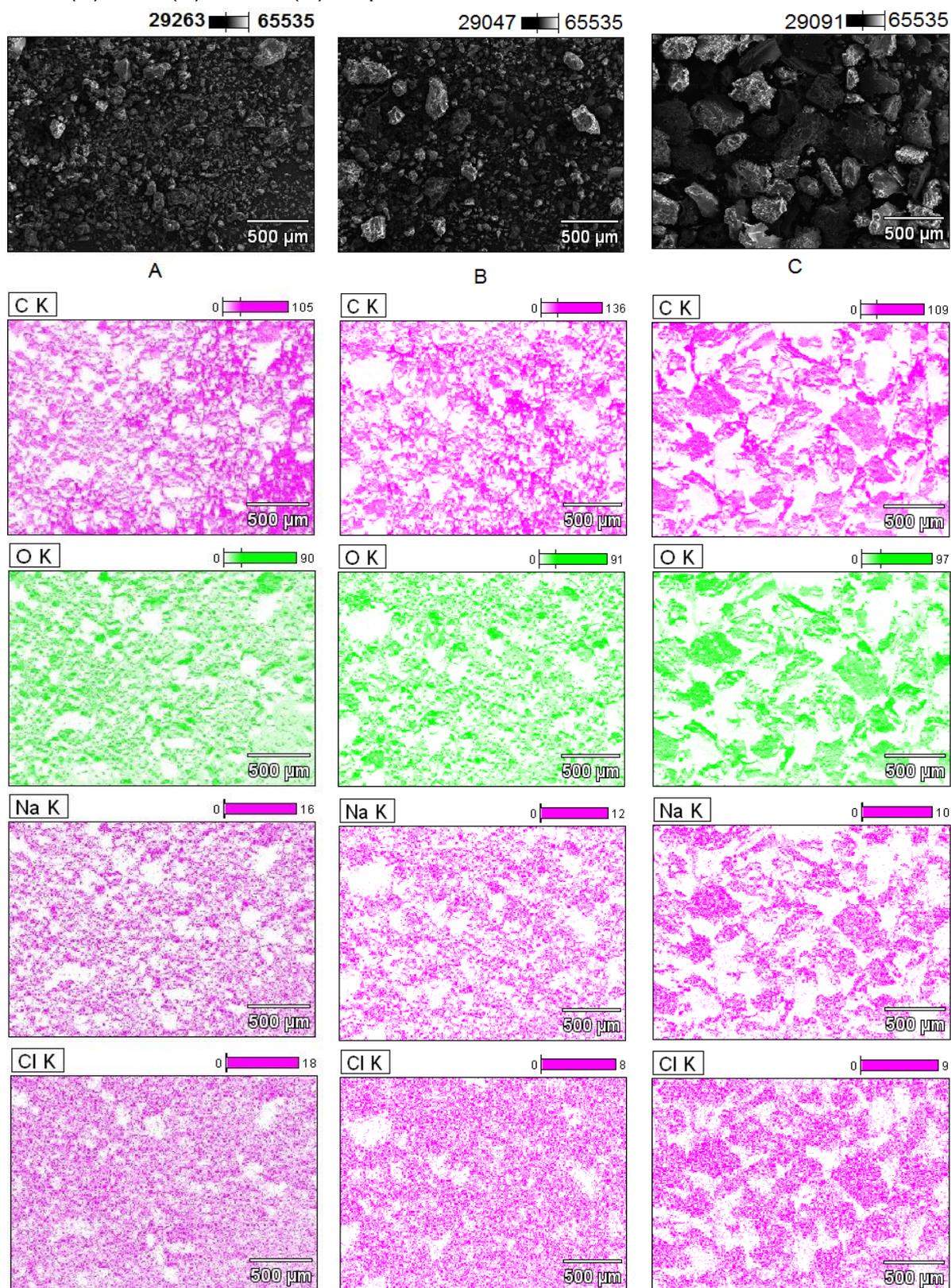
WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. Starch. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. **Carbohydrate chemistry for food scientists**. St. paul: Eagan Press, 1997.

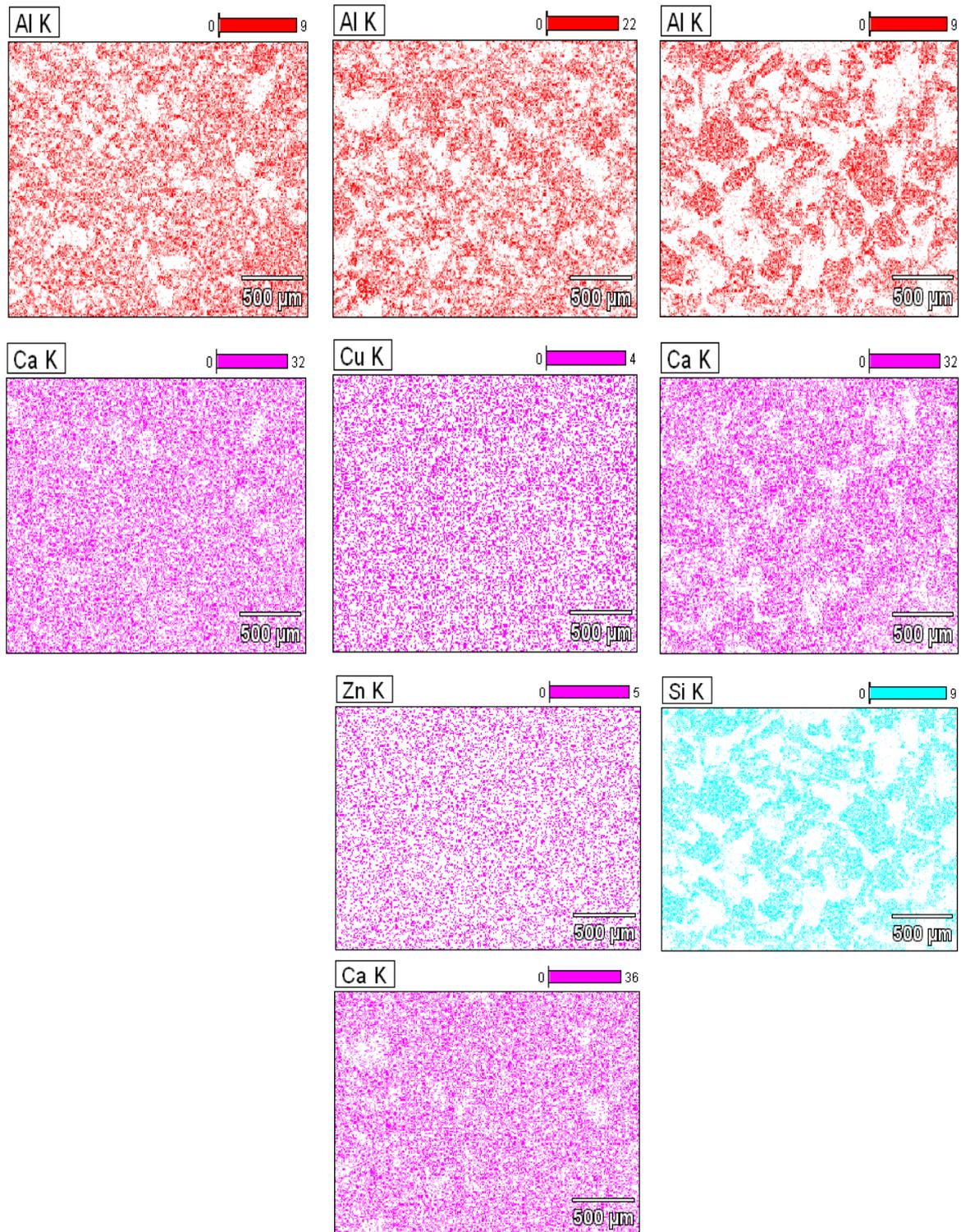
WOSIACKI, G; CEREDA, M. **Valorização dos resíduos do processamento de mandioca**. Ponta Grossa: UEPG – Ciências Exatas e da Terra, 2002.

ZELAYA, M.P. **Tecnología y química de almidones nativos y modificados**. In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R. de C.S.C. Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo. Campinas: Governo do Estado de São Paulo/Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/Instituto de Tecnologia de Alimentos/, 2000. p. 15-28.

Apêndice

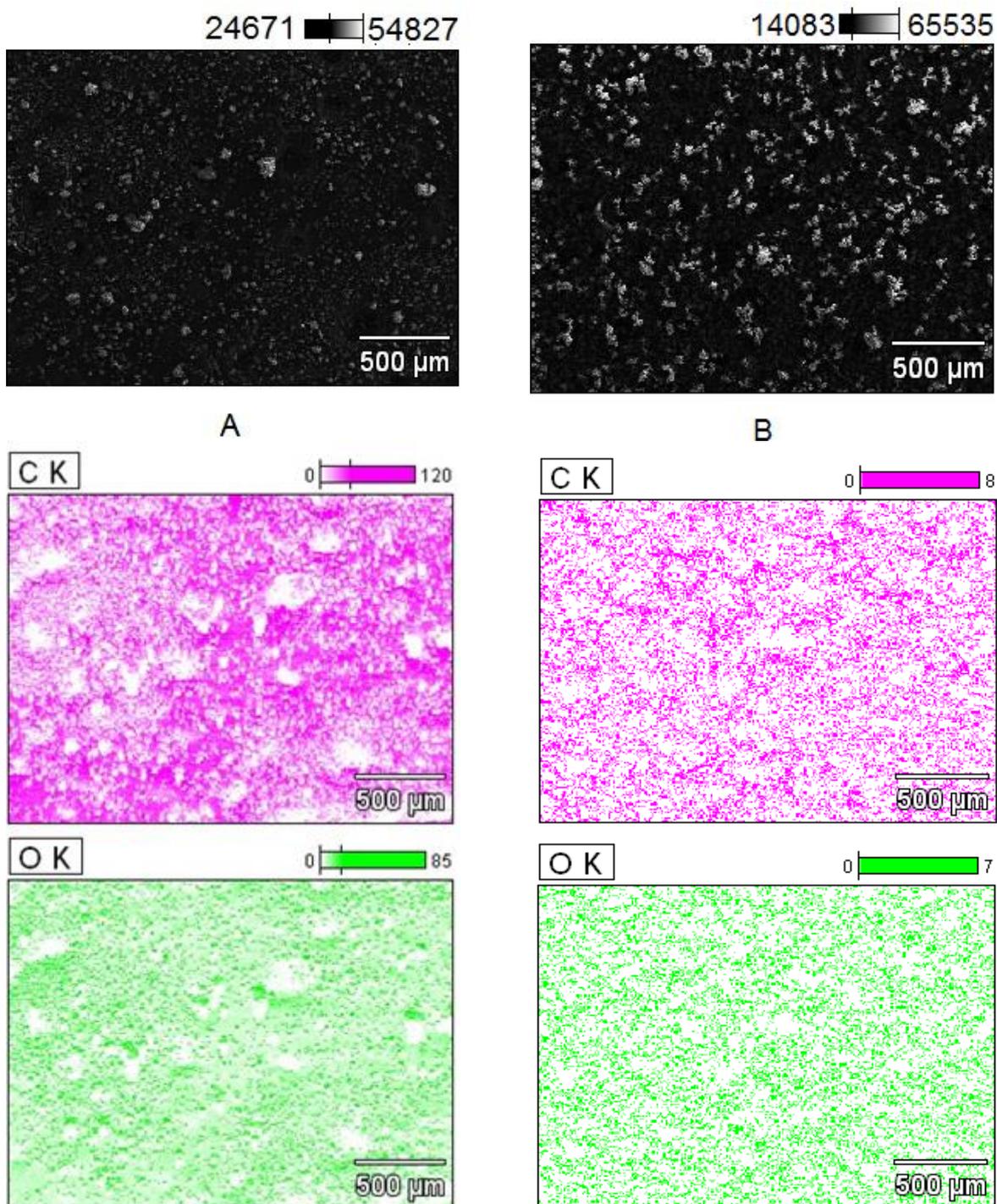
Figura 16 - Microscopia de energia dispersiva (EDX) para os amidos modificados, AM1 (A) AM2 (B) e AM3 (C) respectivamente.

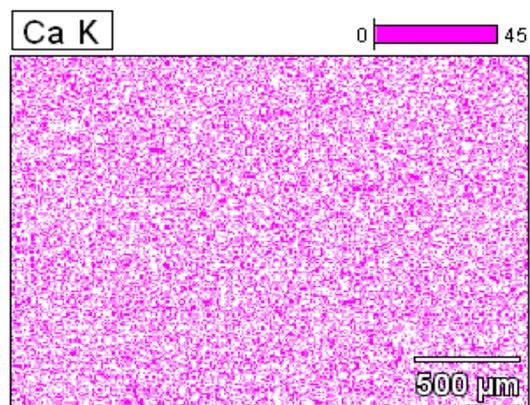
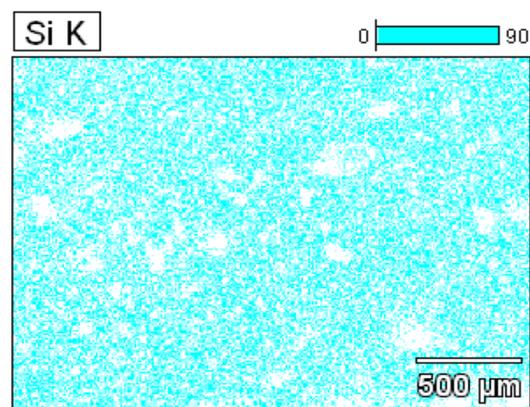
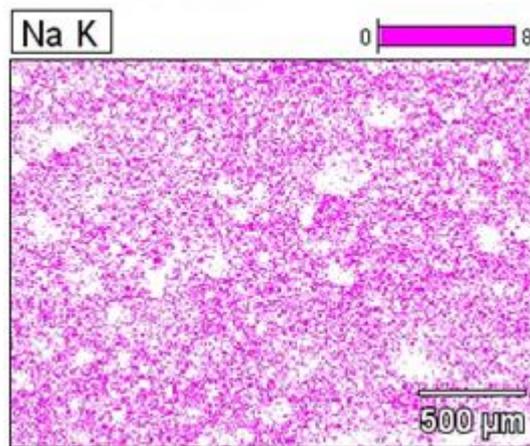
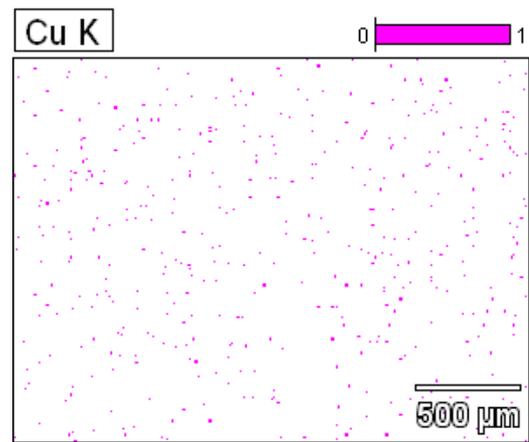
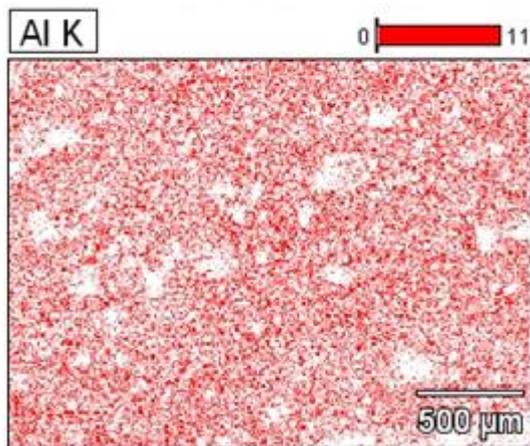




Fonte: O autor

Figura 18 - Microscopia de energia dispersiva (EDX) para os amidos nativos de mandioca, F1 (A) e F2 (B) respectivamente.





Fonte: O autor