

IGOR PRESOTTI DINIZ

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO POLVILHO AZEDO PRODUZIDO
EM DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências Programa de
Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D585c
2006

Diniz, Igor Presotti, 1981 -

Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais / Igor Presotti Diniz – Viçosa : UFV, 2006.
xi, 103f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Mônica Ribeiro Pirozi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 80-86

1. Amido – Análise. 2. Amido – Qualidade. 3. Amido – Aplicações industriais. 4. Reologia. 5. Mandioca – Indústria. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 664.23

IGOR PRESOTTI DINIZ

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO POLVILHO AZEDO PRODUZIDO
EM DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências Programa de
Pós-Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos, para
obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 15 de junho de 2006.

Prof. Afonso Mota Ramos

Prof. Paulo Cesar Corrêa

Prof. José Antônio Marques Pereira

Prof. Sérgio Duarte Segall

Prof^a. Mônica Ribeiro Pirozi
(Orientadora)

Aos meus pais:

Custódio Luiz Rodrigues Diniz

Beatriz Isabel Presotti Diniz

Pela oportunidade da vida, pelo amor, dedicação,
confiança e incentivo a carreira;

Ao meu irmão:

Giovanni Presotti Diniz

Aos meus primos:

Breno Wesley Presotti

Matheus Augusto Presotti

Claudia Shibata

Alexandre Shibata (in memoriam)

Mariana Shibata (in memoriam)

Pelo apoio e carinho;

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a transpor os obstáculos desta caminhada.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), especialmente ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), pela oportunidade concedida.

À professora Mônica Ribeiro Pirozi, pela orientação, compreensão, incentivo e amizade.

Aos professores Afonso Mota Ramos, Ismael Maciel de Mancilha e José Benício Paes Chaves, pelas sugestões, incentivo e amizade.

Aos professores Alexandre Santos Pimenta, Frederico José Vieira Passos, José Antônio Marques Pereira, José Carlos Gomes, Lúcio Alberto de Miranda Gomide, Nilda de Fátima Ferreira Soares, Paulo Cesar Corrêa e Paulo César Stringheta, pela permissão do uso de laboratório, equipamentos e materiais técnico-científicos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA/CTAA), em especial ao Dr. Rogério Germani, à Faculdade de Engenharia Química de Lorena e à General Mills Brasil LTDA pela permissão do uso de laboratórios, apoio na realização das análises e informações técnico-científicas.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) em especial ao engenheiro Waldyr Pascoal, pela colaboração e informações prestadas.

Às empresas participantes, sem as quais a realização deste projeto seria impossível: Cooperativa Padre Trindade, polvilhadoras: Branca de Neve,

Caribé, Cruzeiro do Sul, Eunice, Gaivota, São João, Orivado, Ourense, Tabajara, Tup Guar e Universo.

Aos funcionários Daniel Divino, Adão, Milico, Juarez, Valério, Vânia, Maria Rita e Geralda.

A todos os professores e funcionários do DTA, que contribuíram de alguma forma, direta ou indiretamente para que este trabalho se concretizasse.

Aos amigos Stelito Assis, Mozart Brasil e Carlos Henrique, os quais me acompanharam por esta caminhada, dividindo os momentos de alegria, tristeza, dúvidas e respostas no cotidiano de nossa república, tornando-se motivos de felicidade e sumos criadores das mais belas lembranças, que um ser humano possa guardar na alma e no coração.

Aos amigos Leandro Martins, Maximiliano Nunes, Nayara Carvalho e Wellington Faria, por todo apoio e compreensão durante esses anos que estive distante.

A todos os colegas do Curso de Pós-Graduação, em especial ao Alfredo Quintero, Amada Sarmiento, Arthur Sodré, Omar, João Thomas e Rosana; aos estagiários Allan e Júlia, Pedro e Andrea; aos alunos do Curso de Engenharia de Alimentos e engenheiros aos Frederico Barros, Rita Superbi, Thiago, Diego, Marcelo e Vitor.

Aos colegas de formação e aos professores do curso de engenharia de alimentos do Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH) por todo apoio nesta caminhada.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

IGOR PRESOTTI DINIZ, nasceu em 02 de março de 1981, na cidade de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, onde concluí os estudos básicos, ingressando no Centro Universitário de Belo Horizonte (UNIBH) em agosto de 1999, vindo a graduar-se em julho de 2004. Neste mesmo ano, desligou-se da empresa General Mills Brasil, onde trabalhava no setor de Controle de Qualidade, para dar início ao Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na Universidade Federal de Viçosa.

INDICE

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO LITERATURA	04
2.1. Considerações gerais sobre a cultura da mandioca	04
2.2. Amido de mandioca	06
2.3. Atuação do clima, solo e as condições de colheita no comportamento do amido de mandioca	07
2.4. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo	09
2.4.1 Importância da fermentação	12
2.4.2. Etapa de secagem do polvilho azedo	16
2.5. Características tecnológicas e reológicas do amido de mandioca	19
2.5.1. Poder de inchamento e gelatinização	20
2.5.2. Propriedades de retrogradação	22
2.5.3. Propriedade de expansão	23
2.6. Análise estatística por agrupamento	24
2.6.1. Classificação das técnicas de agrupamento	25
2.6.2. Método hierárquico	25
2.6.3. Métodos de agrupamento seqüenciais	26
2.6.4. Método do vizinho mais próximo	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. Análises físico-químicas das amostras	30
3.1.1. Teor de umidade	30

3.1.2. Teor de amido	30
3.1.3. Teor de cinzas	31
3.1.4. Teor de lipídios	31
3.1.5. Teor de proteínas	31
3.1.6. Acidez titulável	31
3.1.7. Determinação eletrométrica do pH	32
3.1.8. Análise de pontos pretos	32
3.1.9. Análise de cor	32
3.1.10. Determinação de ácidos orgânicos	33
3.1.11. Poder de inchamento e índice de solubilização	33
3.2. Avaliação das propriedades reológicas	33
3.2.1. Curvas de viscosidade	34
3.2.2. Avaliação das propriedades de retrogradação	34
3.2.3. Avaliação da consistência do gel	35
3.2.4. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)	35
3.2.5. Poder de expansão	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1. Informações obtidas durante a coleta de amostras	38
4.1.1. Matéria-prima	38
4.1.2. Clima	39
4.1.3. Processamento da mandioca	40
4.2. Avaliação das propriedades físico-químicas das amostras de polvilho azedo	44
4.2.1. Composição centesimal	44
4.2.2. Análises físico-químicas	47
4.2.3. Análise de cor	50
4.2.4. Determinação de ácidos orgânicos	53
4.2.5. Determinação de poder de inchamento e índice de solubilidade	54
4.3. Avaliação das propriedades reológicas	58
4.3.1. Curvas de viscosidade	58
4.3.2. Calorimetria diferencial de varredura	62
4.3.3. Avaliação das propriedades de retrogradação	65
4.3.4. Poder de expansão	69
4.4. Análise de agrupamento	73
5. CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	80
APÊNDICE	87

RESUMO

DINIZ, Igor Presotti, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2006.
Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. Orientadora: Mônica Ribeiro Pirozi.
Co-Orientadores: Ismael Maciel de Mancilha e José Benício Paes Chaves.

O polvilho azedo produzido no Estado de Minas Gerais é elaborado através de tecnologia artesanal, originando produtos de difícil padronização. Nas últimas décadas, os polvilhos mineiros perderam mercados nacionais e internacionais devido, principalmente, à falta de padrão de suas características tecnológicas. A escassez de informações referentes às características reológicas de polvilho azedo e às modificações sofridas por este amido, durante a etapa de fermentação e secagem, reforçam a necessidade de estudos sobre este alimento. O presente trabalho teve, como finalidade, realizar o levantamento do perfil reológico do polvilho azedo produzido em duas microrregiões do Estado de Minas Gerais, Sul Mineira e Centro-Oeste, analisando a influência dos fatores ambientais e as diferentes condições de processamento sobre as propriedades físico-químicas e reológicas do polvilho azedo, além de buscar a relação entre estas características e o produto a ser processado. Os resultados evidenciam que os fatores ambientais, como a precipitação pluvial, temperatura média ambiente e radiação ultravioleta não parecem contribuir, significativamente, para a definição das características do polvilho azedo. Quanto ao processamento, as etapas de purificação,

fermentação e secagem parecem ser as mais críticas para as características do produto. A pureza do amido e a modificação resultante da fermentação foram os principais responsáveis nos testes significativos das Análises de Variância Aninhada entre as fábricas. Amostra da fábrica 9, obtida a partir da fécula adquirida no Estado do Paraná, exibiu características notoriamente diferentes das demais, reforçando a importância do processamento na definição das características do polvilho. Não foi observada relação direta entre o tempo de fermentação e a acidez das amostras, sendo esta essencialmente resultante da produção de ácidos lácticos, nas condições experimentais. A acidez pareceu influenciar as variações na temperatura de gelatinização, enquanto o teor de ácido láctico pareceu exercer influência marcante nas propriedades de pasta. Contrariando dados disponíveis na literatura, a acidez não foi determinante no estabelecimento da capacidade de expansão do polvilho azedo, nas condições experimentais do trabalho. A partir da Análise de Agrupamento, foi possível a formação de 4 grupos de amostras. Os resultados sugerem que os grupos 1 e 3 são mais indicados para utilização em massas congeladas, enquanto os grupos 2 e 4 são mais indicados para os processamentos que requerem elevadas temperaturas e agitações.

ABSTRACT

DINIZ, Igor Presotti, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2006.
Technological characterization of the sour cassava starch produced on different areas in Minas Gerais State. Adviser: Mônica Ribeiro Pirozi.
Co-Advisers: Ismael Maciel de Mancilha and José Benício Paes Chaves.

The sour cassava starch produced in Minas Gerais State is obtained through craft technology, so originating hardly standardized products. In the last decades, the sour cassava starches from Minas Gerais have lost national and international markets due mainly to the lacking pattern in their technological characteristics. The shortage of information concerning either to rheological characteristics of sour cassava starch and the modifications occurring in this starch during fermentation and drying stages reinforce the need for studies on this food. This study was carried out to survey the rheological profile of the sour cassava starch produced in two microregions of Minas Gerais State Southern and Center-western, by analyzing the influence of the environmental factors and the different processing conditions upon the physiochemical and rheological properties of the sour cassava starch, besides looking for the relationship between these characteristics and the product to be processed. The results evidence that the following environmental factors do not seem to contribute significantly to definition of the sour cassava starch characteristics: rain precipitation, average environmental temperature and ultraviolet radiation. Concerning to processing, the stages of purification, fermentation and drying

seem to be the most critical ones to the characteristics of the product. The starch purity and the modification resulting from fermentation were the main responsible ones in the significant tests of the Nested Variance Analyses among the plants. The sample of plant 9, that was obtained from the starch proceeding from Paraná State, showed notoriously different characteristics from the other ones, therefore reinforcing the importance of processing upon the definition of the sour cassava starch. No direct relationship was observed between the fermentation time and sample acidity, as this one was essentially resulting from the production of lactic acids under experimental conditions. The acidity seemed to affect the variations in gelatinization temperature, whereas the lactic acid content appears to have an outstanding influence on the paste properties. Contradicting literature data, the acidity was not decisive to the establishment of expansion capacity of the sour cassava starch under this research experimental conditions. The formation of four sample groups was possible from the Cluster Analysis. The results suggest that groups 1 and 3 are more suitable to be used in frozen masses, whereas groups 2 and 4 are more suitable to those processings that require high temperatures and agitation.

1. INTRODUÇÃO

O amido, um dos principais produtos derivados da mandioca, vem sendo utilizado nos mais diferentes setores da economia, como alimento, siderurgia, adesivos, têxtil, papelero, farmacêutico, petrolífero, de explosivos, calçados e tintas. Na indústria alimentícia, o amido é principalmente empregado como aditivo na fabricação de diversos produtos e, também, como ingrediente principal em padarias, confeitarias, indústrias de biscoitos e pão de queijo.

De acordo com sua acidez, o amido de mandioca pode ser classificado como fécula (quando o amido não sofre fermentação alguma), polvilho doce (amido com leve fermentação) e polvilho azedo (amido fermentado). Considerado um produto modificado por oxidação do amido de mandioca e tradicional do Estado de Minas Gerais, houve uma expansão de consumo do polvilho azedo por todo o País devido uma de suas principais aplicações, a elaboração do pão de queijo, que obteve grande penetração no segmento tipo “fast food” e vem conquistando espaços em mercados internacionais. O Estado mineiro apresenta ainda diversas indústrias de pequeno, médio e grande porte, que fabricam pães de queijo, biscoitos, produtos panificados e salgados, que utilizam intensamente o polvilho azedo.

Apesar da importância de suas inúmeras aplicações industriais, o amido de mandioca produzido no Brasil apresenta grande variação de qualidade, principalmente no produto fermentado. A crescente demanda da indústria alimentícia, setor que requer maior uniformidade deste produto, exige estudos que relacionem parâmetros do processo de obtenção e suas características

tecnológicas. Tamanha exigência na qualidade deste produto é um reflexo da redução das fecularias mineiras, nas últimas décadas, além da perda do mercado internacional, uma vez que todas as fecularias mineiras processam de maneira artesanal, dificultando ainda mais a padronização de seus produtos.

Devido à importância do polvilho azedo como fonte de renda para o Estado de Minas Gerais e matéria-prima para demais indústrias, são necessários estudos direcionados à ciência e tecnologia de sua produção. Mesmo não exportando o amido de mandioca como matéria-prima, o Brasil exporta grande parte de produtos acabados, que o utilizam como ingrediente principal. Diferenças reológicas entre o amido fermentado e o não-fermentado são relatadas na literatura, bem como existem evidências de que algumas modificações no grânulo interferem na reologia, principalmente na capacidade de expansão de produtos à base de polvilho azedo.

Embora os dados disponíveis na literatura sugiram indicadores e critérios, o processo de produção do polvilho azedo está sujeito às condições climáticas, assim como não está ainda definido um padrão de qualidade adequado. Quando utilizam algum controle, os produtores o fazem através de indicadores baseados nas experiências de processamento, que qualificam o produto final. A natureza do processo fermentativo utilizado, comercialmente, é ainda pouco conhecida, sendo este caracterizado como um processamento rudimentar, em que a maioria dos produtores não utilizam inóculo para garantir, ou acelerar a fermentação. Estudos concernentes ao efeito do processo fermentativo sobre as propriedades tecnológicas do polvilho, particularmente as de expansão da massa para fabricação de biscoito e pão de queijo, são ainda escassos. Todo este empirismo na obtenção do polvilho azedo reflete-se no tempo de fermentação, que varia muito de região para região, podendo causar grande variação nas propriedades reológicas do produto.

Considerando a relevância destes aspectos, o presente trabalho foi realizado, visando à caracterização reológica do polvilho azedo, produzido em duas microrregiões do Estado de Minas Gerais, cadastradas na EMATER/MG, bem como aos seguintes objetivos específicos:

- Analisar a influência dos fatores ambientais existentes em cada microrregião sobre as propriedades físico-químicas e reológicas do polvilho azedo;

- Analisar o modo como as diferentes condições de processamento influenciam nas características reológicas e tecnológicas do polvilho azedo;
- Relacionar o perfil reológico de cada microrregião com o produto a ser processado, de acordo com as características reológicas específicas.

2. REVISÃO LITERATURA

2.1. Considerações gerais sobre a cultura da mandioca

A mandioca é uma planta heliófila, perene, arbustiva, pertencente à família das *Euphorbiaceae*, de gênero *Manihot*. Segundo o Instituto CEPA/SC (2003), apesar da grande diversidade, o sistema produtivo da cadeia da mandioca apresenta três tipologias básicas: a unidade doméstica, a unidade familiar e a unidade empresarial. Esta tipologia considera interconexões entre a origem da mão-de-obra, o nível tecnológico, a participação no mercado e o grau de intensidade do uso de capital na exploração.

A unidade doméstica é caracterizada por usar mão-de-obra familiar, não utilizar tecnologias modernas, pouco participar do mercado e dispor de capital de exploração de baixa intensidade. A unidade familiar, ao contrário da doméstica, já adota algumas tecnologias modernas, tem uma participação significativa no mercado e dispõe de capital de exploração em nível mais elevado. A contratação de mão-de-obra de terceiros é a característica marcante da unidade empresarial. Estas unidades, juntamente com as unidades tipo familiar, respondem pela maior parte do processamento de raízes no Brasil (CARDOSO & SOUZA, 1999).

O segmento de processamento da cadeia da mandioca está, intimamente, relacionado ao uso das raízes: alimentação humana, de “mesa”, ou industrial. A escala de operação das indústrias de processamento de farinha vai desde as pequenas unidades artesanais de processamento (comunitárias

ou privadas) existentes no Brasil, como um todo, até as unidades de grande porte que processam, em média, 300 sacas de farinha por dia, passando pelas unidades de médio porte, de até 100 sacas por dia (MATTOS & CARDOSO, 2003). Na cadeia da mandioca, existem ainda outros produtos de importância econômica regional e que são comercializados de maneira informal, como é o caso da raspa de mandioca e da parte aérea da planta (CARDOSO & SOUZA, 1999).

A maior parte da mandioca de “mesa” é comercializada na forma *in natura* (EMBRAPA, 2003). A mandioca para a indústria tem uma grande variedade de usos, dos quais a produção de farinha e a fécula são as mais importantes. A farinha tem, essencialmente, uso alimentar e, além dos diversos tipos regionais, que não modificam as características originais do produto, ela encontra-se em duas formas: farinha não temperada, que se destina à alimentação básica e é consumida, principalmente, pelas classes de renda mais baixa da população; e farinha temperada (farofa), cujo mercado é restrito, mas o valor agregado é elevado, sendo destinada às classes de renda média a alta da população. Entretanto, o amido de mandioca e seus produtos derivados têm competitividade crescente no mercado de produtos amiláceos para a alimentação humana, ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como o de alimentos embutidos, embalagens, colas, e farmacêutico. Um esquema dos dois tipos de amido de mandioca é apresentado na Figura 1 (EMBRAPA, 2003).

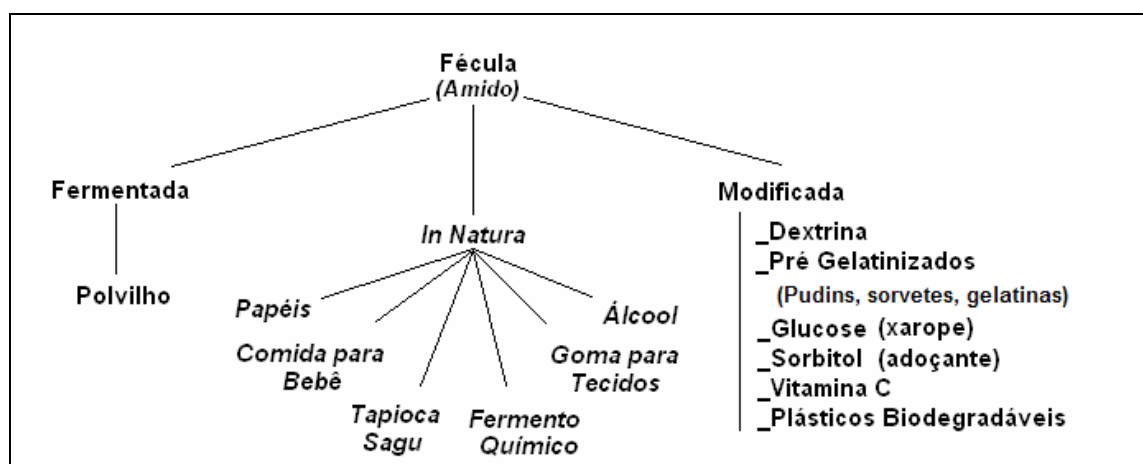


Figura 1. Utilização de amido de mandioca no Brasil.

2.2. Amido de mandioca

Segundo CEREDA (2002a), na maioria dos países existe apenas uma palavra “amido”, como designação geral, seguida da especificação da fonte botânica. Na legislação brasileira (BRASIL, 1978) denomina-se amido à fração amilácea, encontrada em órgãos aéreos como grãos, frutas e de fécula, a fração amilácea de órgãos subterrâneos como raízes e tubérculos.

NOBRE (1976) ressalta que o amido de mandioca, segundo sua pureza e características, pode ser classificado em três tipos:

- Tipo 1 ou A – é o produto não fermentado, constituído de, no mínimo, 84,0 % de amido; que vazar 99,0 % na peneira com abertura de 0,105 mm; umidade de 14,0 %; ponto de rompimento entre 58°C e 83°C, boa viscosidade (380 RVU).

- Tipo 2 ou B – é o produto não fermentado, constituído de, no mínimo, 82,0 % de amido; que vazar 99,0 % na peneira com abertura de 0,105 mm; umidade máxima de 14,0 %; ponto de rompimento entre 58°C e 83°C; viscosidade regular (290 RVU).

- Tipo 3 ou C – é o produto não fermentado, constituído de, no mínimo, 80,0 % de amido; que vazar 99,0 % na peneira com abertura de 0,105 mm; umidade máxima de 14,0 %; ponto de rompimento entre 58°C e 83°C; fraca viscosidade (200 RVU).

Além deste diferencial, a legislação brasileira conta com o termo “polvilho”, que é sinônimo de fécula de mandioca. O polvilho existe em duas formas, o polvilho azedo e o polvilho doce, diferenciados através das etapas de processamento, que influenciam na acidez do produto.

ZAMBONI et al. (1991) diz que, na prática, nem sempre os amidos/féculas são fabricados a partir de matérias-primas genuínas e isentas de sujidade. Afirma, também, que é freqüente a falsificação de amidos, sendo substituídos parciais ou, até mesmo integralmente, por amidos de outra fonte botânica. Assim, tanto a fabricação inadequada do amido quanto a sua adição intencional diminuem a qualidade do produto.

2.3. Atuação do clima, solo e as condições de colheita no comportamento do amido de mandioca

A mandioca caracteriza-se por ser uma planta tolerante à seca e à baixa fertilidade do solo. Este é o principal motivo pelo qual é, comumente, cultivada e consumida por pequenos produtores rurais, em áreas com solos pobres e onde as condições climáticas são, constantemente, desfavoráveis à exploração de outras culturas (SAGRILLO et al., 2000). É frequentemente cultivada em solos de textura superficial média a arenosa, com baixos teores de nutrientes e de matéria orgânica. Neste tipo de solo, o cultivo sucessivo e o revolvimento excessivo os predispõem às altas taxas de erosão, de compactação e de perdas de matéria orgânica, resultando na degradação física, química e biológica dos mesmos (TORMENA et al., 2004).

A cultura da mandioca apresenta um ciclo, que varia de 10 a 24 meses, de modo que a variação temporal de umidade do solo pode proporcionar condições físicas, desde altamente favoráveis até impeditivas para a cultura, as quais são dependentes da qualidade estrutural determinada pelos sistemas de preparo utilizados.

Avaliando a produtividade e a qualidade de raízes tuberosas de mandioca em diferentes épocas de colheita, na região de Lavras (MG), CARVALHO et al. (1993) encontraram diferenças entre seis cultivares, quanto à idade de maior produção de raízes tuberosas (variações de 16 a 22 meses). No entanto, outros autores afirmam que vários cultivares apresentaram elevada produtividade de raízes tuberosas aos 20 meses após o plantio, com elevados teores de massa seca e de amido, ressaltando ser este um fator desejável em razão de maior rendimento agrícola e industrial, tanto para farinha como para polvilho (SAGRILLO et al., 2000). Elevados teores de amido, presente na massa fresca das raízes, ocorre ainda por ocasião do início do segundo período de repouso fisiológico das plantas, período em que registram-se temperaturas mais amenas e baixos índices de precipitação pluvial, favorecendo uma maior produção de raízes e de amido (CONCEIÇÃO, 1981; LEONEL-NETO, 1983; LORENZI e DIAS, 1993; SARMENTO, 1997; SRIROTH et al., 1999; TORMENA, et al. 2004).

Uma das características mais importantes do amido é sua relação com a água. A idade da raiz e as condições ambientais, durante a colheita,

influenciam as propriedades da estrutura e hidratação do grânulo. O tamanho aparente das cadeias de amilose dos amidos não apresenta mudanças significativas, em decorrência das diferentes épocas de colheita. Entretanto, alguns trabalhos demonstram que os índices aparentes da amilose dos amidos sofrem modificação, diminuindo nas raízes mais velhas. Além disso, a distribuição de tamanho dos grânulos é afetada pela idade da raiz e aumentando, proporcionalmente, com a época de colheita. A integridade e a estrutura cristalina dos grânulos do amido dependem também das circunstâncias ambientais, evidenciadas com uma mudança nos picos obtidos em análise de DSC (SRIROTH et al., 1999, SANTISOPASRI et al., 2001).

Entende-se que os diferentes sistemas de preparo do solo têm, como objetivo, oferecer as condições físicas adequadas para o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas. A influência do tempo e condições de colheita, assim como o estresse causado pelas chuvas, resulta ainda na diferença da absorção de água dos amidos e seus respectivos poderes de gelatinização e inchamento. Há um aumento na temperatura de pasta dos amidos, durante o período de seca e, em consequência, uma redução durante o período de chuva. Nas avaliações de viscosidade cinemática, em RVA, é possível observar que o pico de viscosidade máxima do amido diminui, quando a colheita é realizada em época de estiagem, mas aumenta mediante a proximidade ou durante a época de chuva (CHATAKANONDA et al., 2003; SRIROTH et al., 1999; SANTISOPASRI et al., 2001).

O amido de mandioca é usado, extensivamente, na indústria em razão de suas propriedades tecnológicas, pureza elevada, baixo custo de obtenção e capacidade de aumentar a viscosidade de pastas. Infelizmente, sua funcionalidade ainda exhibe variação imprevisível, dependendo das circunstâncias ambientais e da época de colheita da mandioca (ASAOKA et al., 1992). Até o momento, poucos estudos foram realizados com o intuito de relacionar as propriedades físico-químicas do amido de mandioca, em função das variadas condições ambientais (chuvas, solo e temperatura durante o crescimento e a colheita). Entretanto, pode-se afirmar que os trabalhos disponíveis na literatura documentam que as diferenças existentes no manejo da mandioca influenciam não apenas o rendimento do amido, mas também

suas características físico-químicas e reológicas, conforme se observa no Quadro 1.

QUADRO 1. Fatores que afetam a produtividade e a qualidade do amido

Fator	Influência	
1. Fator genético	Produtividade	
	Conteúdo de amido	
	Conteúdo de cianeto	
2. Fator ambiental	Conteúdo de amilose	
	Chuvas	Produtividade
		Conteúdo de amido
		Conteúdo de cianeto
		Poder de expansão
		Viscosidade da pasta
		Temperatura de pasta
	Temperatura de gelatinização	
Característica do solo	Produtividade	
	Conteúdo de cianeto	
Temperatura do solo	Conteúdo de amilose	
	Temperatura de gelatinização	

Fonte: Adaptado de SRIROTH et al. (1999).

2.4. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo

O polvilho azedo é um derivado da fécula de mandioca, encontrado praticamente em todos os países da América do Sul, exceto o Equador. Em francês, é denominado de *amidon aigre*, em inglês de *sour cassava* e em espanhol de *almidon agrio*. É ainda um produto artesanal, mesmo quando fabricado em fecularias modernas, apresentando grande heterogeneidade da qualidade. Sua caracterização é muito importante para o entendimento quanto aos principais problemas relacionados aos processos de produção e à potencialidade do uso alimentar.

De acordo com NOBRE (1976), na indústria de polvilho, a água exerce um papel primordial devido às etapas de obtenções do amido. O processo de

produção de polvilho, qualquer que seja a técnica empregada, consiste em lavar e descascar as raízes, ralá-las com intensidade para liberar os grânulos e separá-los das fibras e do material solúvel. O arranjo fixo de fabricação de polvilho obedece, em linhas gerais, ao esquema apresentado na Figura 2.

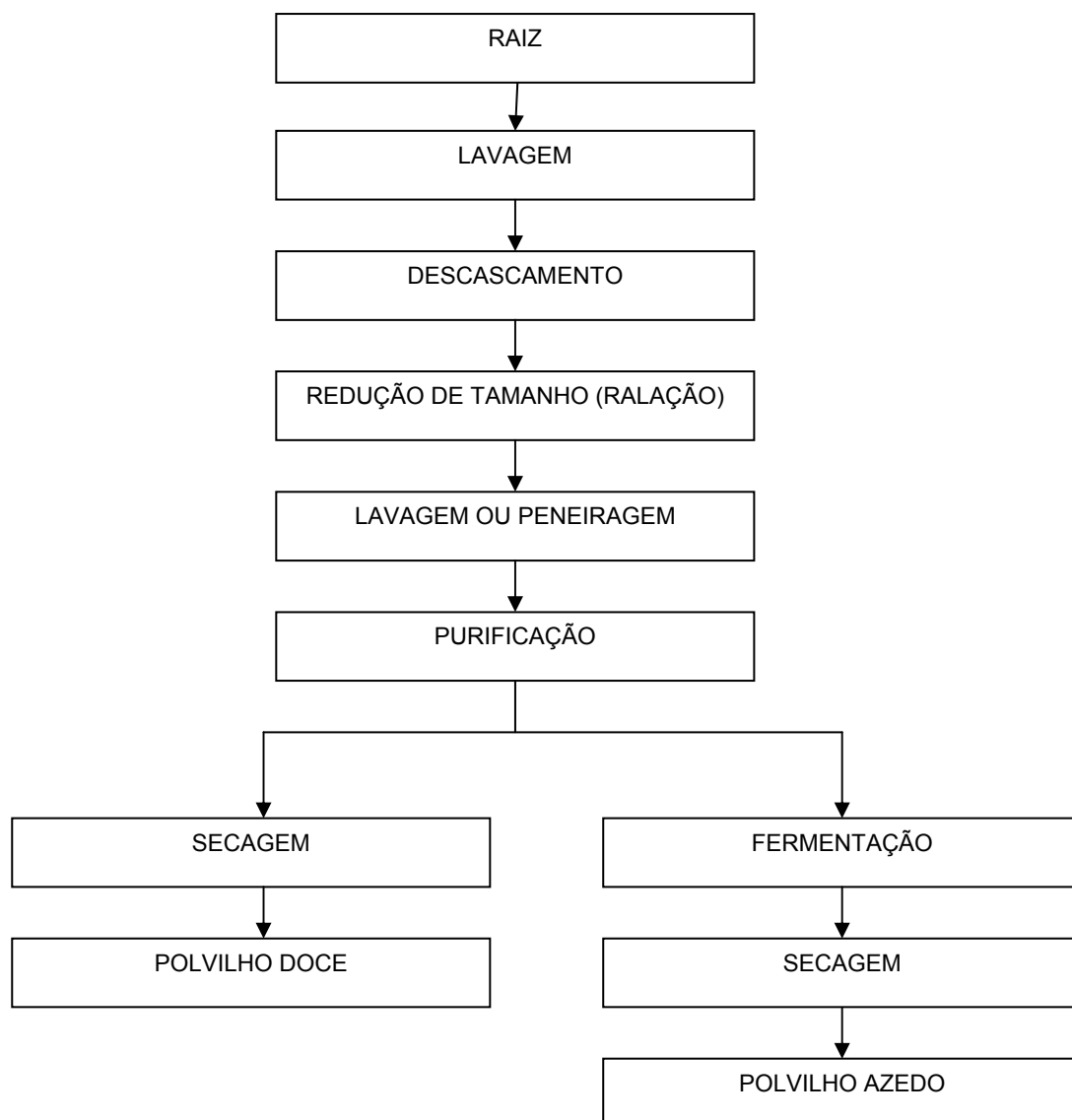


Figura 2. Fluxograma do processo geral de fabricação de amidos de mandioca.

Segundo as Normas Técnicas (BRASIL, 1978) os amidos devem ser fabricados a partir de matérias-primas sãs e limpas, isentas de matérias terrosas e de parasitos. O polvilho azedo apresentado no fluxograma é fabricado através da fermentação natural do amido purificado, seguindo-se o mesmo fluxograma para obtenção do polvilho doce, feita em tanques onde se coloca

uma camada de fécula ou amido e coberto com água até completar a fermentação (FERNANDES et al., 2002).

Devido à facilidade de extração do amido, desenvolveram-se indústrias com vários níveis técnicos, desde estabelecimentos rurais, nos quais o processo é rústico, completamente manual, até os mais modernos e automatizados sistemas de centrífugas e hidrociclones. Portanto, o produto varia quanto à qualidade, sendo que, para que o amido seja mais puro e de alto padrão, o processo deve ser o mais rápido possível, evitando ações enzimáticas de deterioração, que iniciam nas raízes e prolongam-se por todo o processo. O Quadro 2, apresentado por VILELA (1989), apresenta os tipos de equipamentos de acordo com a escala industrial.

Quadro 2. Etapas da extração de amido de mandioca e equipamentos utilizados

Etapas de extração		Equipamentos utilizados
1. Lavagem e descascamento das raízes		A manual com escovas B Lavador-descascador C Lavador-descascador
2. Redução de tamanho (Ralação)		A Ralos manuais B Ralador-Depurador C Picador e desintegrador
3. Peneiragem do leite de amido		A Peneiras de taquara B Escovadeiras e peneiras vibratórias C Extratores-peneiras cônicas horizontais
4. Purificação do amido		A Cochos de madeira B Planos de sedimentação e turbinas C Centrífugas e ciclones
5. Secagem		A Ao sol com terreiros e jiraus B Secador de túnel C Secador Pneumático (flash-dryer)
A Processos Rústicos	B Pequenas e Médias Indústrias	C Grandes Indústrias

Fonte: VILELA (1989).

2.4.1 Importância da fermentação

Seguindo o fluxograma de processamento geral do amido (Figura 2), após a etapa de purificação, o polvilho é transferido para os planos de decantação (chicanas) ou diretamente para os tanques de fermentação. Esses tanques podem ser descobertos ou não, enterrados, semi-enterrados ou elevados, construídos em madeira ou alvenaria. Os tanques mais comuns são os de cerâmicas, lajota, ladrilho ou azulejos. No caso de tanques de alvenaria, para evitar que ácidos produzidos durante a fermentação desprendam areia das paredes contaminando o produto fermentado, é prática comum revesti-los com plástico.

As condições em que se desenvolve a fermentação natural de polvilho azedo são muito especiais: substrato formado exclusivamente por amido granular, como fonte de carbono para os microorganismos; meio quase sólido formado pela decantação do polvilho no tanque e, conseqüentemente, condições anaeróbias no meio, que se estabelecem nos primeiros cinco dias.

O polvilho deve permanecer nos tanques de fermentação sob uma camada de água, que no início chega a 20 cm e vai secando à medida com o passar do tempo. O período necessário para que uma fermentação seja completa varia de 3 dias a 60 dias (CÁRDENAS & BUCKLE, 1980; CAMARGO et al., 1988; CEREDA, 1987; RIVERA, 1997; SILVEIRA et al., 2003). Nas regiões tradicionais de produção em Minas Gerais, a fermentação leva, em média, 30 dias a 40 dias, chegando a 60 dias no início da safra. RIVERA (1997) concluiu que é possível reduzir para 4 a 6 dias o tempo de fermentação, utilizando misturas de microrganismos selecionados. Poucos produtores trocam a água sobrenadante, prática esta correta, pois, ensaios de fermentações realizadas em laboratório comprovaram ser uma prática desvantajosa (CEREDA, 1987).

A natureza do processo fermentativo, utilizado comercialmente, é ainda pouco conhecida e caracteriza-se por ser um processo rudimentar e empírico, em que a maioria dos produtores não utiliza inóculo para garantir ou apressar a fermentação. É desconhecido também o efeito do processo fermentativo sobre as propriedades tecnológicas do polvilho, particularmente as de expansão da massa para fabricar biscoito (RIVERA, 1997). Entretanto, é consenso que o material, que fica entranhado nos tanques, pode dar início ao processo

fermentativo. A fermentação para obtenção do polvilho azedo é um processo espontâneo, desenvolvido por diversos microrganismos naturalmente presentes na matéria-prima, na água e nos tanques de fermentação. Esta característica explica a grande variação, encontrada na qualidade do polvilho azedo proveniente de diversos produtores, ou de um mesmo produtor. As diferentes condições climáticas brasileiras selecionam a microbiota predominante nos processos fermentativos, fazendo com que polvilhos produzidos em diferentes regiões apresentem diferenças concernentes à acidez e composição de ácidos orgânicos (SILVEIRA et al., 2003).

Alguns produtores costumam utilizar, como inóculo, o polvilho azedo da safra anterior, úmido ou seco, ou optam por deixar no fundo do tanque grãos de milho ou mistura de fubá e suco de limão, envolto em sacos (CEREDA, 1987). Enquanto o que utiliza como inóculo a safra anterior é vantajosa, a acidificação artificial é temporária e não produz polvilho azedo de boa qualidade. Tendo início na microflora do inóculo, meio ambiente ou matéria prima, a fermentação sempre apresenta sinais visíveis após poucos dias, com formação de bolhas e espumas na superfície, o que segundo autores caracteriza o final da fermentação (CEREDA, 1987), mas ainda com nenhuma relação comprovada. Bolhas de gás aparecem também na massa de polvilho depositado. A fermentação caracteriza-se pelo abaixamento do valor do pH, com a produção concomitante de ácidos orgânicos e compostos aromáticos.

O início da fermentação é marcado pela rápida queda na concentração de oxigênio dissolvido, que é consumido por bactérias amilolíticas aeróbias, transformando-o em CO₂ e H₂, além de ácidos orgânicos como o ácido acético, butírico, láctico, propiônico e outros.

CEREDA (1987) divide a fermentação em três etapas, as quais nem sempre são bem distintas. Os gêneros de microrganismos responsáveis para estabelecer as condições apropriadas pela primeira etapa da fermentação incluem: *Achromobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus* e *Clostridium*. Na segunda etapa, são os microrganismos acidogênicos que exigem maiores condições nutritivas para seu desenvolvimento. Finalmente, na terceira etapa, predominam os microrganismos saprófitos e contaminantes, leveduras de várias espécies, que são responsáveis pela degradação de alguns produtos da fermentação. Os microrganismos desta etapa são do gênero *Bacillus* e alguns fermentativos. Nesta etapa, há geração dos

compostos, que contribuem para o aroma e gosto típico do polvilho azedo. Três tipos de fermentação são identificados: láctica, com a presença de microrganismos do gênero *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus*; fermentação propiônica, em que o gênero *Propionibacterium* é encontrado; e finalmente a fermentação butírica, com presença do gênero *Clostridium* (RIVERA, 1997; DEMIATE et al., 1999; SILVEIRA et al., 2003; LACERDA et al., 2005).

Estudando a microbiota envolvida no processo de fermentação do polvilho, CEREDA (1987), encontrou diversas bactérias em estágio preliminar, tais como espécies de *Escherichia*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Micrococos sp.* e *Bacillus subtilis*. É provável que o crescimento de micrococos, nesta etapa da fermentação, seja devido ao fato de ainda existir, no meio, uma quantidade suficiente de oxigênio para manter o crescimento dos mesmos. As demais espécies podem desenvolver-se anaerobicamente, pois, apresentam metabolismo facultativo.

A presença de *Bacillus subtilis*, cuja produção de enzimas amilolíticas é bastante conhecida, evidencia que, durante a fermentação, a ação das enzimas propicia uma fonte de carbono para o metabolismo dos agentes de fermentação e que, além de alterar o aspecto da superfície dos grânulos da fécula de mandioca após a fermentação, provocam rugosidades e pontuações bem características. Os grânulos de amido fermentado ainda apresentaram, sob luz polarizada, perda parcial de birrefringência e tendência marcante para formar agregados (SILVEIRA, 2001; CEREDA, 1987).

Alguns estudos apresentam, ainda, uma microbiota constituída por bactérias aeróbias e microaerófilas, leveduras e alguns fungos filamentosos. Foram isolados, também, cocos e bacilos Gram-positivos esporulados e não-esporulados. Não foi detectada a presença de bactérias coliformes. Nas primeiras etapas de fermentação, observa-se predomínio bacteriano, especialmente de cocos e bacilos Gram-positivos sobre as leveduras. Em regiões frias, a fermentação é lenta e predomina a microbiota láctica, com uma maior freqüência do *Lactobacillus plantarum*. Nas regiões quentes, a fermentação é mais rápida e predomina a microbiota butírica, sendo o *Clostridium butyricum* o que predomina com maior freqüência (ZAPATA et al., 1991; SILVEIRA et al., 2003; LACERDA et al., 2005).

Alguns experimentos conduzidos no sentido de relacionar acidez e pH com o estágio de fermentação e com a qualidade do polvilho. Entretanto, não foi possível estabelecer nenhuma relação entre eles. Não há predominância de quaisquer dos diversos ácidos encontrados no produto, visto que a microbiota presente depende de fatores ambientais. A acidez máxima e o pH não constituem um referencial para determinar o estágio de fermentação ou a qualidade do polvilho (PEREIRA, 1994).

CEREDA e VILPOUX (2002) comentam que DEMIATE et al., (1998) investigaram o mecanismo de modificação, que ocorre durante a fermentação, concluindo que trata-se de reação de oxidação. Portanto, o polvilho azedo é um amido modificado. Os autores indicam que mesmo entre as féculas, que são os amidos extraídos da parte subterrânea de vegetais, a de mandioca é a que proporciona o maior grau de expansão, necessário à obtenção de produtos de boa qualidade.

O processo fermentativo altera a fécula de forma que o polvilho azedo apresente características peculiares. As modificações, que ocorrem durante a fermentação, alteram sua reologia de modo que os amilogramas característicos apresentam-se com viscosidade máxima menor do que a fécula doce, sendo o início do processo de gomificação detectado em temperaturas inferiores à do polvilho doce nas mesmas concentrações, sem tendência a geleificação durante o resfriamento até 50°C, com viscosidade muito baixa constante (DEMIATE et al., 1999; ASCHERI, 1992). Desta forma, poderá resultar a formação da massa, durante o processamento do biscoito, quando se procede ao escaldamento, explicando por que o polvilho azedo não pode ser substituído pelo polvilho doce (CEREDA, 1983a; CRUZ e RIBEIRO, 1995; DEMIATE et al., 1997b). Além de alterações físico-químicas, a fermentação promove uma mudança no sabor e aroma da fécula, sendo que o novo sabor e aroma desenvolvidos fazem parte da caracterização do produto.

CEREDA (1983c) demonstra que o polvilho acidificado para utilização de confecção de biscoitos não apresenta as condições necessárias à sua modelagem, comprovando que o polvilho azedo elaborado pela fermentação natural apresenta características viscográficas e químicas inigualáveis. Os principais problemas do produto final são sua falta de padronização e o desconhecimento do processo fermentativo, que determinam qualidade muito variável dentro de uma mesma região, inclusive para um mesmo produtor.

2.4.2. Etapa de secagem do polvilho azedo

Uma vez completada a fermentação, deixa-se secar a superfície dos tanques até que o polvilho fique com umidade na faixa de 30 % a 50 %, consistência friável e aspecto de queijo. O produto pode ser armazenado no próprio tanque, para ser comercializado na entressafra, desde que permaneça água sobrenadante. Caso contrário, ocorrerá oxidação e a superfície adquirirá coloração azulada a negra (CEREDA, 1987).

O polvilho é retirado dos tanques ou das chicanas por meio de pás, podendo passar por esfarelador mecânico e espalhado para secar. A operação tem início ao amanhecer, para que a secagem se processe no mesmo dia, já que o polvilho azedo armazenado úmido pode tornar-se azulado. Na maioria das vezes, a secagem é feita ao sol. Processos de secagem artificial, mesmo sendo mais eficientes, não resultam em produto seco com o mesmo poder de expansão, sugerindo que a radiação solar é mais responsável por esta característica do que o calor.

A secagem ao sol ocasiona uma série de transtornos, desde elevada contaminação por poeira até a falta de padrão de lotes. A secagem artificial poderá regularizar estes problemas e tornar o polvilho azedo um produto comercial confiável. A secagem artificial da fécula de mandioca fermentada foi desenvolvida a partir da pesquisa, que comprovou a influência da radiação ultravioleta nas propriedades especiais que o produto final apresenta (NUNES & CEREDA, 1994; citado por CEREDA & VILPOUX, 2002). Neste tipo de secagem, utiliza-se a reação fotoquímica, que é instantânea. Sua implicação industrial dependerá, apenas, do desenvolvimento de um equipamento adequado. Pesquisas neste sentido estão, ainda, em desenvolvimento.

A secagem ao sol é normalmente feita sobre jiraus de bambu traçado ou arames, sobre os quais estendem-se panos, plásticos ou lona. Embora pouco empregado, o pano preto deve resultar em secagem mais rápida pois, além de absorver o calor, permite a passagem do vento através do produto. Há porém, quem considere que o pano acarreta perdas, dando preferência ao plástico, prescindindo do efeito desidratante do vento. Comumente menos usadas, as lonas de duas faces (branco e preto) facilitam a secagem em climas mais variados, economizando tempo nos dias mais frios e evitando queima do polvilho nos dias mais quentes.

A secagem em jiraus requer de mão-de-obra numerosa. Normalmente, opera-se em duplas, um de cada lado do jirau, esfarelando o polvilho entre as mãos. Nas empresas polvilhadoras de maior porte, um veículo passa ao lado dos jiraus, enquanto o operador vai jogando os panos com o polvilho já esfarelado e outros dois empregados seguem o veículo, esticando os tecidos sobre os jiraus. Outro processo menos utilizado é a secagem em terreiros de terra batida, cercados com mureta baixa de alvenaria e revestidos de lona plástica preta. Neste caso, um operador é necessário para revolver o polvilho, com o auxílio de um rodo com a borracha cortada em formato de dentes largos. O inconveniente dos terreiros é que, sendo baixos, recebem facilmente a poeira e detritos soprados pelo vento. Após secagem, o polvilho é peneirado e, então, embalado. Aqueles que estiverem fora da granulometria desejada são moídos e, novamente peneirados.

A radiação ultravioleta (R-UV) é a parte do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda entre 100 nm e 400 nm. De acordo com a intensidade à qual a R-UV é absorvida pelo oxigênio e ozônio e, também, devido aos efeitos fotobiológicos, costuma-se dividir a região UV em três intervalos, conforme mostrado no Quadro 3:

Quadro 3. Características dos diferentes comprimentos de ondas do UV

Nome	Intervalo espectral (nm)	Características
UVC	100 – 280	Completamente absorvida pelo O ₂ e O ₃ estratosférico e, portanto, não atinge a superfície terrestre. É utilizada na esterilização de água e materiais cirúrgicos.
UVB	280 – 320	Fortemente absorvida pelo O ₃ estratosférico. É prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer de pele.
UVA	320 – 400	Sofre pouca absorção pelo O ₃ estratosférico. É importante para sintetizar a vitamina D no organismo. Porém o excesso de exposição pode causar queimaduras e, a longo prazo, causa o envelhecimento precoce.

Fonte: INPE (2005).

Pode-se dizer que o Sol emite energia em, praticamente, todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético, permeados pelas diversas linhas de absorção. De toda essa energia emitida, 44 % concentra-se entre 400 nm e 700 nm, denominado espectro visível. O restante é dividido entre radiação ultravioleta (inferior a 400 nm) com 7 %, infravermelho próximo (entre 700 nm e 1500 nm) com 37 % e infravermelho (superior a 1500 nm) com 11 %. Menos de 1 % da radiação emitida concentra-se acima da região do infravermelho, ou seja, microondas e ondas de rádio, e abaixo da região ultravioleta, como raios X e raios gama.

Diversos trabalhos indicaram que a luz solar que possuem determinados comprimentos de onda UV, assim como a fermentação do ácido láctico é essencial para a habilidade da expansão do amido de mandioca (BERTOLINI et al., 2001a; CARDENAS e DE CURVATURA, 1980 citado por VATANASUCHART et al., 2005; VATANASUCHART et al., 2005). No processo de secagem, o amido de mandioca impregnado com ácido láctico, proveniente da fermentação, é exposto ao sol e à reação fotoquímica que envolve os dois componentes (fécula + ácido láctico) e a radiação ultravioleta do sol são os responsáveis pela modificação deste amido.

A maioria dos trabalhos, concernentes à modificação de amido pela irradiação UV, emprega uma fonte artificial (UVA, UVB ou UVC) sobre os amidos acidificados artificialmente, avaliando sua qualidade a partir de suas propriedades de expansão (BERTOLINI et al., 2001b; BERTOLINI et al., 2005; VATANASUCHART et al., 2005). Em estudos laboratoriais (MESTRES & ROUAU, 1997; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1998), durante a avaliação da modificação oxidativa do amido de mandioca com ácido láctico, seguida de diferentes tipos de secagem, foi observado um aumento significativo dos volumes específicos em testes com biscoitos, quando o amido era seco ao sol, em comparação com os resultados obtidos com o amido que secado em forno. Encontrou-se, ainda, que o amido de mandioca acidificado lacticamente e exposto à irradiação UV de uma lâmpada de vapor de mercúrio nas bandas de 250-600 nm apresentou as melhores propriedades de expansão (BERTOLINI et al., 2001a).

Os efeitos das diferentes frequências, durações a exposição da irradiação UV e temperaturas foram relacionados às propriedades de expansão, no teste de biscoito do amido de mandioca, por VATANASUCHART

et al. (2005). Os picos de viscosidade dos amidos irradiados com o UVB, durante 7 h e 9 h, foram $196,55 \pm 2,41$ RVU e $195,67 \pm 0,83$ RVU, enquanto os amidos irradiados com UVC apresentaram picos de viscosidade máxima iguais a $176,55 \pm 1,83$ RVU e $169,54 \pm 3,24$ RVU e aqueles amidos secados apenas com ar quente apresentaram valores de $121,07 \pm 0,97$ RVU e $116,92 \pm 1,89$ RVU, respectivamente. Entende-se que amidos irradiados por UVB apresentam a habilidade desejada de expansão, resultando menores alterações na viscosidade, em comparação com o amido comercial ($235,84 \pm 1,65$ RVU).

Em estudos mais recentes realizados por VATANASUCHART et al. (2005), os amidos de mandioca modificados por oxidação a 1 % de ácido láctico durante 15 minutos e expostos à radiação de UVB ou de UVC durante (7, 9, 11 h) apresentaram propriedades eficazes no teste de expansão. Segundo os autores, as moléculas de amido nas regiões amorfas são despolamirizadas, parcialmente, pela hidrólise do ácido láctico e pela irradiação UV para moléculas de tamanho reduzido de amido, que eram responsáveis pela expansão do biscoito.

Quanto às propriedades térmicas, os amidos modificados da mandioca exibiram testes-padrão dos termogramas de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) similares àquele do amido comercial. As mudanças estruturais que contribuem à avaliação de expansão não afetaram a entalpia da transição, para o amido de mandioca. Entretanto, um aumento ligeiro de temperatura no início e do pico dos amidos irradiados com UVB ou UVC para 9 h e 15 h indica a estabilidade da estrutura cristalina, induzida por reações da modificação.

2.5. Características tecnológicas e reológicas do amido de mandioca

As propriedades tecnológicas do amido envolvem suas características físicas, químicas e funcionais. Mesmo o amido de mandioca sendo, excessivamente, aplicado na indústria de alimentos, pouco destaque foi dado às suas exigências específicas (CEREDA, 2002b). A aceitação de um amido para determinada finalidade não depende, somente, do tamanho e da forma do grânulo, mas também de sua temperatura de gelatinização e características de inchamento, as quais constituem reflexo da composição e da conformação dos polímeros contidos (AMANTE, 1986). Algumas características do amido, que

determinam sua aplicação industrial, são tecnológicas, ou seja, poder de inchamento (absorção de água), viscosidade, gelatinização, retrogradação e expansão.

2.5.1. Poder de inchamento e gelatinização

Os grânulos de amido exibem uma capacidade limitada de absorção de água fria, que atinge até 30 % de seu peso seco. Principais componentes do amido, a amilose e amilopectina estão associadas entre si por ligação de hidrogênio, formando áreas cristalinas, de difícil penetração de água, responsáveis pela redução da estrutura do grânulo, que controlam o comportamento do amido na água. Com o aquecimento do sistema, ocorre um aumento na capacidade de absorção de água, sendo esta uma característica muito importante, uma vez que a qualidade de um alimento está, freqüentemente, associada à retenção de água pelos grânulos de amido expandido (ASQUIERI, 1990). O aquecimento de suspensões de amido em excesso de água causa uma transição irreversível, denominada gelatinização.

O poder de inchamento é a medida da capacidade de hidratação dos grânulos, sendo que a determinação é feita pelo peso do grânulo de amido intumescido (inchado) e de sua água oclusa. Quando uma suspensão de amido é aquecida, aparentemente, nenhuma mudança ocorre até um ponto crítico de temperatura. A partir daí, os grânulos começam a intumescer e perdem suas características de birrefringência. Quando a temperatura de uma suspensão de amido supera o limite de gelatinização, as pontes de hidrogênio são rompidas, as moléculas de água ligam-se aos grupos hidroxilas liberados e os grânulos continuam expandindo (CEREDA, 2002b). A consequência direta do intumescimento é o aumento na solubilidade, claridade e viscosidade da pasta de amido.

Amidos de diferentes fontes botânicas apresentam distintos poderes de inchamento e solubilidade dos grânulos. O amido de mandioca apresenta grande poder de inchamento, sob temperaturas mais baixas, em comparação ao de outras fontes botânicas, indicando interações mais fracas e, possivelmente, uniformes entre amilose e amilopectina.

O intumescimento do grânulo é acompanhado pelo aumento de viscosidade da solução, que é uma das características da gelatinização.

Informações, obtidas a partir da construção de curvas de viscosidade, são úteis para avaliação de alterações no grânulo. O Rápido Visco Amilógrafo (RVA) é, atualmente, o instrumento mais utilizado para construção dessas curvas de viscosidade, substituindo as análises realizadas no tradicional viscoamilógrafo Brabender, pois, apresenta os resultados em menos tempo e utiliza menor quantidade de amostra. Além disso, apresenta repetibilidade de seus resultados mais confiáveis do que as análises realizadas no viscoamilógrafo Brabender (DEFFENBAUGH & WALKER, 1989; WRIGLEY et al., 1996). Os resultados nas formas dessas curvas indicam dados concernentes à: temperatura de formação de pasta, resistência dos grânulos inchados à ação mecânica, viscosidade máxima e temperatura na qual ocorre, bem como a influência do resfriamento sobre a viscosidade, além de interpretar esses dados em função da utilização e do processamento do amido (AMANTE, 1986; CEREDA, 1983b; CEREDA, 2002b).

O fenômeno de gelatinização pode ser caracterizado por meio de uma endoterma obtida por DSC (LI & YEH, 2001; SILVA et al., 1999; FUKUOKA et al., 2002). O inchamento dos grânulos e a concomitante solubilização da amilose e amilopectina induzem à gradual perda da integridade granular com geração de pasta viscosa, que pode ser observada em análise de viscosímetro ou reômetro (THEBAUDIN et al., 1998; BERTOLINI et al., 2005; CHARLES et al., 2005).

Quando aplicada ao amido, a análise em DSC fornece medidas quantitativas do fluxo de calor associado à gelatinização, em que os picos endotérmicos são indicativos de fusão. Para a detecção das fases de transição nos amidos, os métodos de DSC têm a vantagem de ser independentes da birrefringência dos grânulos. Esta é uma diferença importante, quando a birrefringência é devida à orientação molecular nas regiões amorfas, ou está ausente devido os cristais serem pequenos ou casualmente orientados. As mudanças de entalpia observadas em DSC, geralmente, relacionam-se à transição tipo ordem e desordem dos cristais presentes em extensos arranjos ordenados internos em regiões de menor ordem cristalina do grânulo (CEREDA, 2002b; YU & CHRISTIE, 2001; KARLSSON & ELIASSON, 2003).

Segundo MARQUES (1989), de acordo com o grau de inchamento e viscosidade, os diversos amidos podem ser classificados em: tipo A - são aqueles com alto grau de inchamento, como a batata, mandioca e os cereais

cerosos, que apresentam curvas de viscosidade com alto pico de pasta, seguindo-se uma por rápida redução durante cozimento; tipo B - amidos com grau de inchamento moderado, como os de cereais não cerosos; tipo C - são aqueles os que têm inchamento limitado, especialmente produtos inter cruzados quimicamente, nos quais as ligações cruzadas estabilizam os grânulos; e tipo D - caracterizam-se por apresentar alta restrição ao inchamento e presença de alto teor de amilose.

A gelatinização e a viscosidade das pastas, bem como as características dos géis de amido, dependem da temperatura durante o tratamento, mas são determinados e influenciados pela fonte de obtenção do amido, pela presença de lipídios, proteínas, açúcares, sais, modificação aplicada, incorporação de emulsificantes e ácidos graxos, ácidos, bases ou ação enzimática.

2.5.2. Propriedades de retrogradação

A retrogradação é o termo dado às transformações, que ocorrem durante o resfriamento e o armazenamento de pastas de amido. O fenômeno é, basicamente, um processo de cristalização de moléculas de amilose e amilopectina, em que, além do aumento da firmeza do gel e da opacidade das pastas, observa-se perda da solubilidade em água fria, aumento da resistência à hidrólise por enzimas amilolíticas e ácidos minerais e perda da capacidade de formação de complexo azul com iodo. Ocorre, ainda, uma diminuição de volume do gel e a expulsão de água ligada às moléculas, processo este conhecido como sinérese.

A avaliação das pastas e suas alterações em condições de estresse, tais como congelamento, refrigeração, esterilização (calor) e acidez, são poucos relatadas na literatura (CEREDA, 2002b).

De modo similar à gelatinização, o grau de retrogradação e a natureza dos cristais formados podem ser influenciados pela fonte de amido, pela concentração, pela temperatura de estocagem, pelos sais, ácidos, lipídios e açúcares presentes. Os efeitos destes componentes nas propriedades tecnológicas de diferentes tipos de amido têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores (AMANTE, 1986; CEREDA & VILPOUX, 2002; DEFFENBAUGH & WALKER, 1989; THEBAUDIN, et. al, 1998).

A firmeza do gel, durante o armazenamento, pode ser medida pela mudança em sua deformação elástica, como forma de acompanhar a tendência de retrogradação do amido, estabelecendo, assim, a rigidez do gel na forma de módulo de elasticidade (NOWOTNA et al., 2000). Neste caso, os testes medem a deformação sob uma força-padrão, sendo possível, ocasionalmente, medir a força necessária para alcançar uma deformação relativa do gel.

2.5.3. Propriedade de expansão

Segundo MAEDA e CEREDA (2001), a procura do polvilho azedo pelo consumidor é devido à sua utilização em produtos de confeitaria, na forma de biscoitos, sequilhos, pão de queijo, bolos, etc. O polvilho azedo é insubstituível no preparo de biscoito, que se caracteriza por ser um produto muito leve e volumoso, resultado da expansão do polvilho azedo sob aquecimento em forno. A confecção do biscoito de polvilho é, até o momento, o único teste de qualidade existente é aceito por todos, usuários e produtores, para verificação da capacidade de expansão.

A capacidade de expansão do polvilho azedo é diferente daquela do polvilho doce e fécula. Alguns trabalhos mostram que, nas mesmas condições, as pastas de polvilho doce (não fermentadas) não se expandem no forno (CEREDA, 1983a). A expansão do polvilho azedo depende de diversos fatores. Estudos mostram que as bactérias lácticas, produtoras de exopolissacarídeos (EPS), seriam responsáveis pela formação de uma estrutura viscoelástica, que permite a retenção de gás e expansão da massa durante o aquecimento (CAMARGO et al, 1988; MAEDA & CEREDA, 2001).

Para avaliar a expansão do polvilho azedo, durante o aquecimento em forno, há duas metodologias disponíveis na literatura, a prática e a instrumental. A metodologia prática é uma análise de baixo custo, acessível ao fabricante de polvilho e aos pequenos e médios industriais que não dispõem de equipamentos mais sofisticados. No entanto, a metodologia instrumental adaptada por CEREDA (1983 b) da American Association of Cereal Chemists, utiliza o farinógrafo Brabender, tendo como base uma formulação-padrão para biscoitos, estabelecida por CEREDA (1983a). Trata-se de uma metodologia mais demorada, que necessita de treinamento especializado do analista e apresenta elevado custo do equipamento.

2.6. Análise estatística por agrupamento

As técnicas de agrupamentos consistem em agrupar indivíduos em classes. Portanto, dado um conjunto de n indivíduos, todos avaliados para p variáveis, tais indivíduos devem ser agrupados em classes, de forma que os mais semelhantes permaneçam na mesma classe. Em geral, inicialmente, o número de classes não é conhecido.

Para a utilização das técnicas de análise de agrupamento, são necessárias decisões independentes, que requerem o conhecimento das propriedades dos diversos algoritmos disponíveis. Tais decisões podem envolver conteúdos metodológicos ou caráter técnico. Inicia-se o processo, definindo-se os indivíduos e os objetivos desejados para a aplicação da análise, além dos critérios que irão definir as semelhanças entre eles. Os dados obtidos são dispostos na forma de uma matriz, em que as colunas representam os indivíduos de interesse e as linhas representam as variáveis.

Pode ocorrer que as variáveis consideradas não sejam medidas na mesma unidade. Assim, é possível que elas não contribuam, igualmente, para a similaridade entre os indivíduos, ou ainda, que tenham alguma influencia arbitrária nos grupos formados. Para solucionar tais problemas, usualmente é empregada a padronização (ou estandarização) dos dados (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). A partir da matriz dos dados padronizados, o próximo passo é a escolha de uma medida, que quantifique o quanto dois indivíduos são parecidos. Essas medidas são denominadas como coeficientes de similaridade. Tais coeficientes podem ser divididos em duas categorias:

- Medidas de similaridade - quanto maior o valor observado, mais parecidos são os indivíduos; e
- Medidas de dissimilaridade - quanto maior o valor observado, menos parecidos são os indivíduos.

Em geral, os coeficientes de similaridade são criados a fim de moldar situações especiais de interesse do pesquisador. Há um grande número de coeficientes de similaridade ou de dissimilaridade disponíveis na literatura. Tais coeficientes podem ser divididos em cinco diferentes classes:

- Coeficiente de Similaridade - baseado na comparação entre o número de atributos comuns para um par de objetos e o número total de atributos envolvidos;

- Coeficiente de Associação - possibilita mostrar como os pares de indivíduos estão associados variando de -1 até +1;
- Distância Euclidiana - é interpretada como a distância entre dois indivíduos, cujas posições são determinadas em relação às suas coordenadas, definidas com referência a um grupo de eixos cartesianos, os quais possuem ângulos retos entre si;
- Conteúdo de Informações ou Medidas de Diversidade - são medidas de dissimilaridade somente entre indivíduos, utilizadas para gerar classificações, nas quais grupos são unidos de modo a minimizar a diversidade intragrupo a cada passo;
- Medidas de Similaridade Dependentes da Probabilidade Estimada - os objetos a ser classificados são considerados como amostras de uma população maior, podendo ser estimadas as probabilidades de se obter pares de objetos tão similares quanto aqueles em observação.

2.6.1. Classificação das técnicas de agrupamento

Dentre os vários tipos de técnicas de agrupamento disponíveis na literatura, destacam-se: técnicas que produzem dendogramas, em que o primeiro passo consiste em calcular as medidas de similaridade (ou dissimilaridade) entre todos os pares possíveis de indivíduos e, assim, formar os grupos por processos de algoritmos ou divisivos; e técnicas que envolvem partições, em que indivíduos podem mover-se fora e dentro dos grupos, em diferentes etapas da análise.

Inicialmente, na aplicação dessas técnicas, são estabelecidos centros de grupos, arbitrariamente, sendo que cada indivíduo é agrupado em relação ao centro mais próximo. Novos centros são calculados e cada indivíduo move-se para o grupo cujo centro esteja mais próximo de si. O processo continua de forma iterativa até alcançar a estabilidade dos grupos.

2.6.2. Método hierárquico

Os tratamentos são agrupados por um processo, que se repete em vários níveis até que se estabeleça o dendograma ou o diagrama de árvore. Um método de agrupamento considerado hierárquico, quando consiste numa

seqüência de $(w+1)$ agrupamentos (G_0, G_1, \dots, G_w) , em que G_0 é a participação disjunta de todos os n indivíduos e G_w é a participação conjunta. O número de partes K_i na participação G_i deve obedecer à regra $K_i \geq K_{i+1}$ é o número de partes do grupo G_{i+1} . Neste caso, não há preocupação com o número ótimo de grupos, uma vez que o interesse maior está nas ramificações obtidas.

2.6.3. Métodos de agrupamento seqüenciais

Nestes métodos, conhecidos como SHAN (“seqüencial, agglomerative, hierarquic, nonoverlapping clustering methods”), em cada passo do agrupamento há necessidade de recalculer o coeficiente de similaridade (ou dissimilaridade) entre os grupos estabelecidos e os possíveis candidatos a futuras admissões no grupo. Além disso, reconsidera-se também o critério de admissão de novos membros aos grupos já estabelecidos (SNETH & SOKAL, 1973). Os métodos mais usados são:

- Método de Ligação Média;
- Método da Ligação Completa ou do Vizinho mais Longe; e
- Método da Ligação Simples ou do Vizinho mais Próximo.

2.6.4. Método do vizinho mais próximo

Neste método, também denominado “Single Linkage Clustering”, as conexões entre objetos e grupos ou entre grupos são feitas por ligações simples entre pares de objetos, ou seja, a distância entre os grupos é definida como sendo aquela entre os objetos mais parecidos entre esses grupos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir do banco de dados das empresas produtoras de polvilho, cadastradas perante a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG), fez-se o levantamento das cidades produtoras de polvilho no Estado de Minas Gerais, assim como do tipo de polvilho produzido (Quadro 4) para posterior contato com essas empresas e apresentação do trabalho a ser realizado.

Para reunir quantidade suficiente de informações das duas maiores microrregiões produtoras de polvilho azedo do Estado de Minas Gerais (Sul e Centro-Oeste; Figura 3), foram visitadas várias feculares, que concordaram com uma parceria para realização deste trabalho. As etapas de processamento de fabricação foram, presencialmente, acompanhadas e um questionário (Figura 4) foi aplicado para a coleta de dados referentes, principalmente, às condições de fabricação. Amostras de polvilho azedo na forma de produtos acabados foram coletadas nas diferentes empresas visitadas, sendo, então, levadas ao laboratório para análises físico-químicas e reológicas.

As amostras utilizadas no presente trabalho foram provenientes das cidades de Cachoeira de Minas, Conceição dos Ouros, Divinópolis e Formiga. O acompanhamento do processo foi realizado no período de maior pico de processamento de polvilho azedo, nas feculares das cidades. Durante a visita, amostras de polvilho azedo foram coletadas, adotando-se a seguinte metodologia, descrita a seguir.

Quadro 4. Levantamento das regiões produtoras de polvilho no Estado de Minas Gerais

Região	Cidade	Empresa	Tipo
Nordeste	Almenara	02 Associações	Polvilho Doce
Central	Capelinha	01 Associação	Polvilho Doce
Central	Diamantina	01 Cooperativa	Polvilho Doce e Azedo
Triângulo Mineiro	Ibiá	01 Cooperativa	Polvilho Doce
Centro-Oeste	Perdigão	04 Fazendas	Polvilho Doce
Centro-Oeste	Bom Despacho	03 Fábricas	Polvilho Doce e Azedo
Centro-Oeste	Divinópolis	03 Fábricas	Polvilho Doce e Azedo
Centro-Oeste	Pedras do Indaiá	04 Fazendas	Polvilho Doce
Centro-Oeste	Formiga	01 Cooperativa	Polvilho Doce e Azedo
Sul	Conceição dos Ouros	10 Fábricas	Polvilho Doce e Azedo
Sul	Cachoeira de Minas	02 Fábricas	Polvilho Doce e Azedo

Fonte: Adaptado de EMATER-MG, 2004.

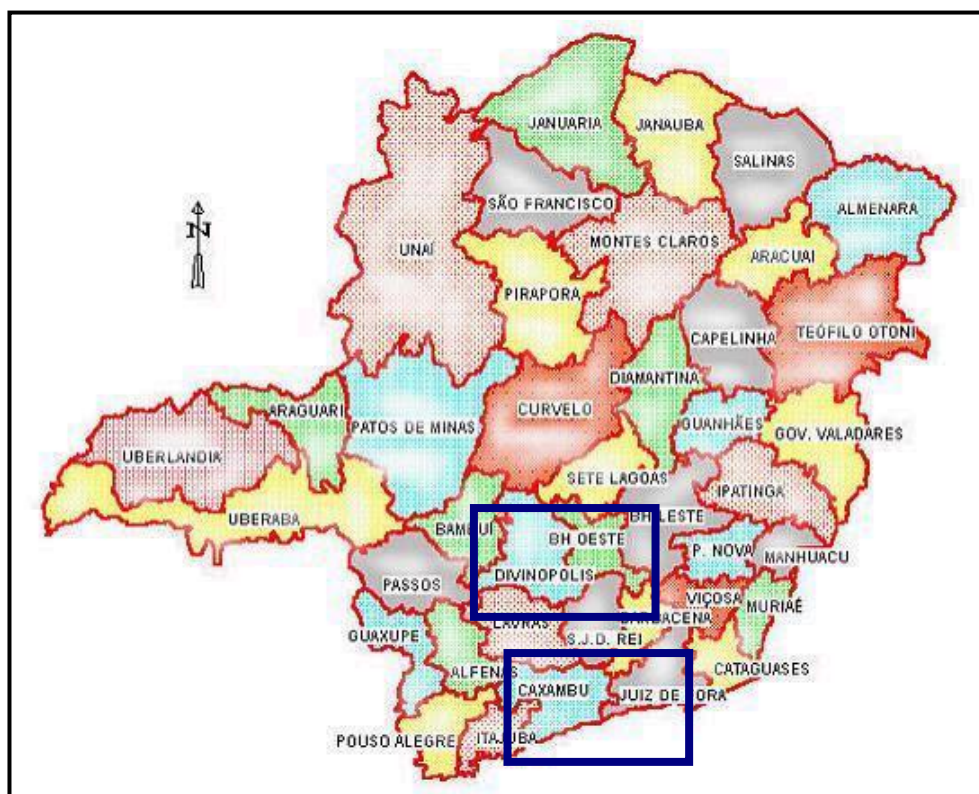


Figura 3. Regiões mineiras que apresentam fecculárias produtoras de polvilho azedo e que foram cadastradas pela EMATER MG.

Questionário:

Nome da empresa: _____

Cidade: _____

Região: _____

Responsável: _____

- Sobre a Matéria-prima:

Matéria-prima é plantada no Estado? Sim: ___ Não: ___

Se sim, é da mesma cidade ou região? _____

Qual o tempo de plantio? Até 20 meses ___ Acima de 20 meses ___

Mês de início da safra: _____ Mês de início do processamento de polvilho: _____

Mês de pico da safra: _____ Mês de pico do processamento de polvilho: _____

- Sobre o Clima:

Temperatura ambiente média durante a safra: _____

Meses em que são registradas temperaturas mais amenas: _____

Meses em que são registradas temperaturas mais altas: _____

Meses em que são registrados baixos índices de precipitação pluvial: _____

- Sobre o processamento da mandioca:

O amido é processado na empresa? Sim: ___ Não: ___

A fermentação ocorre em tanques: Abertos: ___ Fechados: ___ Outros: _____

Se aberto, permanece sobre iluminação do Sol: Sim: ___ Não: ___ Outros: _____

Por quanto tempo fermenta: _____

Como determina o final da fermentação _____

Após fermentação, como é seco? Áreas abertas _____ Áreas fechadas _____

Qual o tempo de secagem? _____

Onde é feita a secagem: Sacaria ___ Algodão ___ Outros _____

Existe algum controle no processo de fermentação? Sim _____ Não _____

Se sim qual _____

Figura 4. Questionário realizado nas empresas pesquisadas.

– Para cada empresa, fez-se uma amostragem dos produtos estocados nos galpões de modo a obter 5,0 kg de polvilho, contendo todos os lotes datados do período de pico de processamento, o que resultou em apenas uma amostra com granulometria homogeneia por fábrica.

Os dados (I) do questionário, aplicado informando tempo de fermentação e exposição ao sol; (II) cedidos pelos escritórios locais da EMATER, tais como tipo de solo, época de colheita, e proveniência da matéria-prima; e (III) obtidos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), informando o período de chuva e irradiação solar na época de processamento foram úteis às análises da influência dos fatores ambientais existentes na qualidade do polvilho, em cada microrregião visitada.

3.1. Análises físico-químicas das amostras

As análises físico-químicas foram realizadas: no Laboratório de Farinhas e Amido, Laboratório de Análise de Alimentos e Laboratório de Pigmentos e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa, bem como no laboratório de Química da Faculdade de Engenharia Química de Lorena.

3.1.1. Teor de umidade

Foi determinado segundo a AOAC Official Method 925.10, usando-se estufa com circulação de ar a 105°C durante 8 horas (AOAC, 1984).

3.1.2. Teor de amido

Foi determinado pelo método de digestão ácida com aquecimento em microondas (CEREDA et al., 2004) modificada. Pesou-se exatamente cerca de 1,0 g de amostra, previamente seca (ou com umidade conhecida) em Erlenmeyer de 250 mL. Adicionaram-se 50 mL de HCl 1 mol/L e levou-os ao microondas. Os mesmos permanecem em microondas, durante 8 minutos na potência máxima. Após este período, utilizou-se o teste de Lugol para verificar se todo o amido foi convertido em açúcares. As amostras foram tituladas com NaOH 10 % até mudança de cor. Após a neutralização, completou-se o volume em balão volumétrico de 250 mL e fez-se a titulação de açúcares, empregando-se o método de Layne-Eynon. Após titulação com Licor de Fehling (de título conhecido), determinou-se o teor de açúcar, empregando-se a equação:

$$\% \text{ Amido} = \frac{250 \times TL \times 0,9 \times 100}{\text{Leitura média} \times PA} \quad (1)$$

em que, TL é o Título do Licor de Fehling; 0,9 é o fator que transforma açúcares redutores em amido; Leitura média é o volume de glicose gasto em, pelo menos, três repetições; PA é o peso da amostra de polvilho azedo; e x é o sinal de multiplicação.

3.1.3. Teor de cinzas

Determinou-se o teor de cinzas de acordo com o método AOAC 923.03, por incineração do material em mufla regulada a 550°C, durante um período de 2 horas (AOAC, 1984).

3.1.4. Teor de lipídios

Foi quantificado segundo AOAC Official Method 920.85, a partir do teor de matéria graxa em extrator Soxhlet completo, utilizando-se éter de petróleo para extração (AOAC, 1984).

3.1.5. Teor de proteínas

Foi determinado segundo AOAC Official Method 960.52, empregando-se o método de micro-Kjeldahl. A conversão do teor de proteína foi feita, multiplicando-se N por 5,7 (AOAC, 1984).

3.1.6. Acidez titulável

Determinou-se por titulação de NaOH 0,1 N até atingir pH 8,2 a 8,3, utilizando solução alcoólica de fenolftaleína para determinação da mudança de cor. A acidez foi expressa em mililitros de NaOH por 100 g de matéria seca (Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 1976).

3.1.7. Determinação eletrométrica do pH

Foi determinada por leitura direta do líquido sobrenadante, após mistura de 10 g da amostra em 100 ml de água destilada (Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, 1976).

3.1.8. Análise de pontos pretos

Para determinação de pontos pretos, foram pesados 50 g de amostra em um Becker de 400 mL, onde foram adicionados 250 mL de água destilada. Após tempo de decantação superior a 30 minutos, foram contados os números de pontos pretos decantados no fundo do Becker.

3.1.9. Análise de cor

A quantificação objetiva da cor foi feita por meio de um colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas L (luminosidade), a (tonalidades de vermelho a verde) e b (tonalidades de amarela a azul), empregando-se a escala CIE LAB obtidas por meio do iluminante D65 e ângulo de detecção de 10° , sendo a análise realizada no equipamento HunterLab's com software Universal Versions 4.0. Para cada amostra, foi utilizada a média de três determinações de cada marca de polvilho. A partir dos valores de L , a e b , foram calculados o Cromo (C_r) que define a intensidade e pureza de uma cor (Equação 2) e o Hue (H) que indica a tonalidade (Equação 3) e grau de brancura (W) (Equação 4).

$$C_r = \sqrt{(a)^2 + (b)^2} \quad (2)$$

$$H = \arctg \frac{b}{a} \quad (3)$$

$$W = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2} \quad (4)$$

Para cada amostra, foi realizada a comparação entre a escala visual de cores e os valores L , a e b , a fim de obter a relação e quantificação das diferentes marcas de polvilho azedo.

3.1.10. Determinação de ácidos orgânicos

Amostras de 2 gramas de polvilho azedo foram suspensas em 6 mL de H₂SO₄ 0,005 mol/L e permaneceram em repouso, durante 18 horas, em temperatura ambiente. A suspensão foi levada para centrifuga Ependorff a 14000 rpm por 14 minutos. Do sobrenadante, foram quantificados os ácidos láctico, acético, butírico e propiônico em HPLC, utilizando-se a coluna Aminex Íon Exclusion HPX – 87H 300 x 7.8 mm, ajustada a 45°C, com fluxo de 0,6 mL/min de solução de H₂SO₄ (0,05 mol/L) de fase móvel. Foram utilizadas as concentrações de padrões de ácido láctico, acético, butírico e propiônico, de 10 mg/mL, 0,5mg/mL, 0,25 mg/mL e 0,25 mg/mL em H₂SO₄ (0,005 mol/L), respectivamente. Foi injetado 20 µL, obtendo-se a curva padrão para cada ácido. A quantidade de ácido orgânico, foi expressa em g de ácido orgânicos por 100 g de amostra.

3.1.11. Poder de inchamento e índice de solubilização

As determinações da capacidade de absorção de água e da solubilidade a 30°C, 45°C, 60°C, 75°C e a 90°C foram realizadas, em um mesmo ensaio, utilizando-se suspensão de amido a 1,25 % (p/v), As amostras foram mantidas nas temperaturas selecionadas durante 30 minutos e, em seguida, foram resfriadas e centrifugadas durante 15 minutos a 2.200 rpm. A partir do sobrenadante, foi retirada uma alíquota para o estabelecimento da relação peso seco/peso úmido, para a obtenção de açúcares totais presentes, em g %. O material sedimentado por centrifugação foi pesado para determinação da capacidade de absorção de água (g/g), segundo procedimento descrito por CEREDA (1983d).

3.2. Avaliação das propriedades reológicas

As propriedades reológicas das amostras de polvilho azedo foram investigadas no Laboratório de Farinhas e Amido do Departamento de Tecnologia de Alimentos da UFV, no Centro de Pesquisas de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos (CTAA/EMBRAPA), no Rio de Janeiro - RJ e no

Laboratório de Painel e Madeira do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

3.2.1. Curvas de viscosidade

As propriedades de pasta dos amidos do polvilho azedo foram avaliadas em aparelho Rapid Visco Analyser (RVA), série 4, da Newport Scientific, na concentração de 2,5 g por 25 mL de água. Para o cálculo desta concentração, foram efetuadas correções na quantidade de amido a ser pesada e na quantidade de água a ser adicionada, segundo tabela fornecida pelo fabricante (Newport Scientific, 1998), tomando como base um teor de umidade de 14 %, para obter um peso seco de amido de 2,5 g. Foi utilizada a programação Std 2 (Standard Analysis 2) do software Thermocline for Windows (versão 2.2), procedendo à seguinte programação de tempo por temperatura: 50°C por 1 minuto, aquecimento de 50°C a 95°C a uma taxa de 6°C/min, manutenção da pasta a 95°C por 5 minutos e resfriamento de 95°C a 50°C a uma taxa de 6°C por minuto. Do gráfico obtido, foram avaliadas as seguintes características: temperatura de pasta, viscosidade máxima (pico), quebra de viscosidade (diferença entre a viscosidade máxima e da pasta mantida a 95°C por 5 min), viscosidade final e tendência à retrogradação (diferença entre as viscosidades final e da pasta a 50°C por 5 min.). Nas análises dos resultados obtidos, para temperatura de pasta, por esse programa foi feita correção na fórmula, de $TempAtViscRate$ ($^{\text{TM}}3;1;24$). As unidades de viscosidade geradas pelo equipamento são arbitrárias, em RVU (Rapid Visco Units).

3.2.2. Avaliação das propriedades de retrogradação

Utilizou-se a metodologia citada por MARQUES (1989). Uma suspensão de amido em água destilada a 8 g/L, base seca, foi aquecida à taxa constante de 1,5°C por minuto em viscoamílografo Brabender, até a temperatura de 95°C, com agitação constante de 75 rpm. O gel formado foi distribuído em 10 tubos de centrifuga, pesado, tampado e dividido em dois grupos de cinco, deixados em congelador à temperatura de -12°C. No primeiro grupo, a cada 24 horas um tubo foi retirado, descongelado à temperatura ambiente durante 4 horas, centrifugado a 2500 rpm durante 10 minutos, sendo determinada a quantidade

de água eliminada. No segundo grupo, a cada 24 horas, todos os tubos eram descongelados à temperatura ambiente, durante 4 horas, sendo um dos tubos centrifugado. Determinou-se a quantidade de água eliminada e os demais tubos foram, novamente colocados no congelador. A operação foi repetida a cada 24 horas. Após os ciclos de congelamento/descongelamento, relacionou-se o teor de água eliminada e tempo de armazenamento sob congelação (MARQUES, 1989).

3.2.3. Avaliação da consistência do gel

As amostras de polvilho azedo foram, também, submetidas à avaliação do grau de dureza (resistência à força). Aqueceu-se uma suspensão de amido em água destilada a 8 g/L, base seca, colocada em viscoamilógrafo Brabender e aquecida à taxa constante de 1,5°C por minuto até temperatura de 95°C, com agitação constante de 75 rpm. Os géis foram vertidos em copos de alumínio (formato cilíndrico, com 60 mm de diâmetro e 40 mm de altura), onde foram resfriados à temperatura ambiente durante 24 hs. Após este tempo, as amostras foram submetidas às análises. Esta análise de textura instrumental foi realizada, em triplicata, no analisador de textura *TA.HDi Texture Analyser, Stable Micro Systems* dotado do software *Texture Expert for Windows^R*, utilizando-se o probe cilíndrico de 10 mm de diâmetro (P-25R) e plataforma HDP/ 90, nas seguintes condições de operação:

- medida de força em compressão;
- velocidade pré-teste: 1,0 mm/s;
- velocidade teste: 1,0 mm/s;
- velocidade pós-teste: 1,0 mm/s; e
- distância: 20 mm.

Os resultados foram expressos em grama-força (LIU et al., 1999; CHARLES et al., 2005).

3.2.4. Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

Ensaio de calorimetria diferencial de varredura foram realizados em equipamento Shimadzu DSC-50, para determinação da temperatura de transição relacionada ao rompimento dos grânulos, em função do grau de

umidade (ΔH , T_o , T_f , T_p). As amostras foram analisadas à uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto, na faixa 30 a 100°C. Para todos os ensaios, foram preparados 4 mg de amostra com 20 Δ L de água destilada em um porta-amostras de alumínio vedado e, como referência, um porta-amostras vazio (YU & CHRISTIE, 2001; LI & YEH, 2001; GOMES et al., 2005).

3.2.5. Poder de expansão

Para avaliar a qualidade de aplicação industrial do polvilho azedo, foram aplicados os seguintes testes de expansão de biscoitos, segundo metodologia proposta por MAEDA e CEREDA (2001). Na primeira avaliação (método manual), foram pesados 50 g de polvilho azedo e colocados, aproximadamente, 40 mL de água fervente sobre a amostra. A massa foi modelada, testando-se a consistência nas mãos até tornar-se suficientemente homogênea e macia para ser moldada. Caso permanecesse dura e quebradiça, um pouco mais de água fervente era adicionada até obter a consistência ideal. Com a massa modelada, foram confeccionados três biscoitos redondos de 10 g cada, aproximadamente, os quais foram distribuídos em assadeira e levados ao forno elétrico termoestatizado à temperatura de 200°C, por 25 minutos. Os volumes dos biscoitos foram determinados, utilizando-se o pelo mesmo método descrito na metodologia instrumental, enquanto os volumes específicos (mL/g) foram comparados aos índices de expansão. Após esfriarem, os biscoitos confeccionados foram pesados e os volumes de cada biscoito determinados pelo método de deslocamento de sementes. Para esses biscoitos, foram utilizadas sementes de painço e, então, transbordamento e leitura volumétrica. Obteve-se o volume específico (expansão) expresso em mL/g, calculado pela relação entre o volume (mL) e o peso (g) de cada biscoito. A expansão das amostras foi comparada aos índices de expansão, estabelecidos por MAEDA e CEREDA (2001) para classificar o polvilho azedo em pequeno (= <5,0 mL/g), médio (de 5,0 mL/g a 10 mL/g) e grande (= >10,0 mL/g). No método instrumental, 300 g de amostra foram pesados e mantidos em agitação no farinógrafo Brabender, durante 1 minuto. Adicionou-se água à temperatura de 94°C e manteve-se o equipamento em funcionamento, por mais 3 minutos. Anotou-se a consistência da massa. Com a massa modelada, foram confeccionados três biscoitos

redondos de 10 gramas cada, aproximadamente. Os biscoitos foram assados da mesma maneira do método manual e os volumes específicos (mL/g) comparados aos índices de expansão.

3.3. Análise estatística

Os resultados das avaliações medidas de propriedades físico-químicas e reológicas (variáveis) das amostras de polvilho azedo foram comparados entre os produtos obtidos, nas diferentes microrregiões amostradas, por meio de Análise de Variância Aninhada (*Nested Anova*), sendo as microrregiões como grupos, as cidades como subgrupos e as fábricas como sub-sub-grupos (SOKAL e ROHLF, 1981). As análises foram realizadas, utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS Institute, NC).

Após realização da Análise de Variância Aninhada, realizou-se estudo da análise de agrupamento (*Cluster Analysis*), utilizando os fatores que apresentaram significância entre os tratamentos, bem como o software SAEG. O processo de agrupamento envolveu, praticamente, duas etapas: a primeira, com a estimação de uma medida de similaridade entre os tratamentos, utilizando-se a Distância Euclidiana Média; e a segunda etapa, utilizando-se o Método Hierárquico, em que os tratamentos foram agrupados por um processo, que se repete em vários níveis até que seja estabelecido o dendograma. O método hierárquico do vizinho mais próximo foi (*Single Linkage Method*) foi utilizado (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados da EMATER-MG relativas às regiões produtoras de polvilho azedo, foi feito contato com as empresas, para apresentação do projeto e convite para participação na pesquisa. Entre as três regiões cadastradas como produtoras de polvilho azedo, a empresa da cidade de Diamantina, na região Central, não participou da pesquisa, pois não estava produzindo polvilho azedo, no ano em que esta pesquisa foi conduzida (alegou uma fraca parceria com os produtores de mandioca da região, que preferem destinar a matéria-prima para produção de farinha). Além desta, três fábricas produtoras de polvilho azedo na cidade de Bom Despacho, duas de Divinópolis e duas de Conceição dos Ouros (região Sul) optaram por não participar.

Os resultados, apresentados a seguir, foram obtidos a partir de informações coletadas durante a visita técnica, das análises físico-químicas e das propriedades reológicas das amostras de polvilho azedo proveniente das cidades de Divinópolis, Formiga, Cachoeira de Minas e Conceição dos Ouros.

4.1. Informações obtidas durante a coleta de amostras

4.1.1. Matéria-prima

Durante visitas técnicas, foram obtidas informações referentes à matéria prima, clima e processamento da mandioca. Quanto à matéria-prima, as indústrias da região Sul utilizam raízes cultivadas no próprio Estado,

provenientes de cidades próximas, como Brazópolis, Conceição dos Ouros e Cachoeira de Minas. De acordo com os fabricantes, raros são os anos em que se necessita adquirir matérias-primas provenientes de outros estados. Todos os produtores afirmaram que o ciclo de plantio da mandioca¹ no seu processamento não excede 20 meses, devido ao excesso de matéria prima na região.

Na região Centro-Oeste mineira, a fábrica da cidade de Formiga processava a mandioca proveniente das cidades de Campo Belo, Cristais e Formiga, também com o ciclo de plantio de 20 meses. Singularmente, a indústria da cidade de Divinópolis não utilizava raízes de mandioca, pois, processa fécula de mandioca adquirida no Estado do Paraná, procedendo apenas à etapa de fermentação em sua empresa. O responsável não teve condições de informar detalhes sobre a matéria-prima utilizada na produção da fécula.

4.1.2. Clima

Na região Centro-Oeste, a temperatura média durante o período de estudo foi 28°C. Segundo os produtores e com confirmação do INPE (2005), nos últimos cinco anos, as temperaturas mais amenas foram registradas entre os meses de junho e julho, com a máxima em outubro, sendo os menores índices de precipitação pluvial registrados nos meses de maio a setembro.

Na região Sul mineira, a temperatura média é 25°C, sendo o mês de julho mais ameno e os meses de setembro e outubro com temperaturas mais elevadas, e tendo os meses de junho a agosto registrados com os mais baixos índices de precipitação pluvial.

Nos meses que vão do início da safra (fevereiro), também início do processamento da mandioca, até o pico da fabricação de polvilho azedo (julho a agosto), a temperatura oscila próximo à média apresentada para cada região.

¹ Plantação ocorrendo no início da estação chuvosa, a qual coincide com o reinício ou o prosseguimento de um período quente, setembro-outubro e com a colheita após 12 meses.

4.1.3. Processamento da mandioca

Durante a visita técnica, foi observado que o fluxograma convencional para o processamento de polvilho azedo (lavagem e descascamento das raízes, desintegração, extração (peneiramento do “leite de amido”, purificação do amido, separação e secagem) é adotado por todas as empresas visitadas, que processam as raízes. As maiores diferenças foram observadas na etapa de purificação do amido, algumas indústrias a repetiam diversas vezes para obtenção de um produto mais puro. Todas as empresas utilizavam a decantação em tanques, porém com diferentes revestimentos, dimensões e quantidades de água.

Diferença em instalações também foi observada entre as indústrias, o que pode influenciar diretamente o produto final. Na Figura 5, são mostrados os galpões utilizados nas etapas de decantação e fermentação do polvilho azedo. Em oito das doze indústrias, os galpões abrigam tanto os canais de decantação (chicanas) para o polvilho doce, quanto os tanques de fermentação. Destas, apenas uma utiliza telas em volta do galpão, a fim de evitar contaminações físicas (Foto 5A).



Figura 5. Exemplo de galpões encontrados durante a visita técnica. (A) Galpão envolto por telas antimoscas ; (B) Galpão sem telas antimoscas.

Em todas, as indústrias os tanques de fermentação estavam abertos (ao ambiente), sendo que nove estavam sob incidência solar direta, mesmo quando construídos em galpões. A Figura 6 apresenta exemplos dos tanques, encontrados durante a visita técnica. Destacam-se os tanques, mostrados na Figura 6A, cobertos com telas para evitar contaminação física.



Figura 6. Exemplo de tanques de fermentação encontrados durante a visita técnica. (A) Tela sobre tanque; (B) Tanque sem cobertura; (C) Tanque em galpão; (D) Tanque exposto ao sol.

Com relação à etapa de fermentação, constatou-se que, dentre as indústrias visitadas, nenhuma utiliza “inóculos” ou mesmo coadjuvantes (como limão-cravo ou fubá) para acelerar esta etapa. Os resíduos deixados da fermentação anterior (não é comum realizar limpeza nos tanques entre as bateladas de polvilhos processados) são os únicos agentes para iniciar o processo fermentativo.

Na fabricação do polvilho azedo, é marcante o empirismo empregado no julgamento do tempo adequado de fermentação. Vários estudos vêm sendo elaborados, no sentido de reduzir o tempo de fermentação. Nas empresas produtoras, o tempo total de fermentação variou de 35 dias e 45 dias (Figura 7). Apenas no início da safra, esta etapa é mais longa, podendo ser superior a 60 dias. Em nove das doze indústrias, o tempo de fermentação é condicionado ao rodízio dos tanques, estipulando um limite entre os 20 dias e 45 dias. Uma outra indústria faz avaliação do sabor azedo, enquanto outra faz avaliação do pH do meio e outra realiza teste de produção de biscoito de polvilho (expansão).

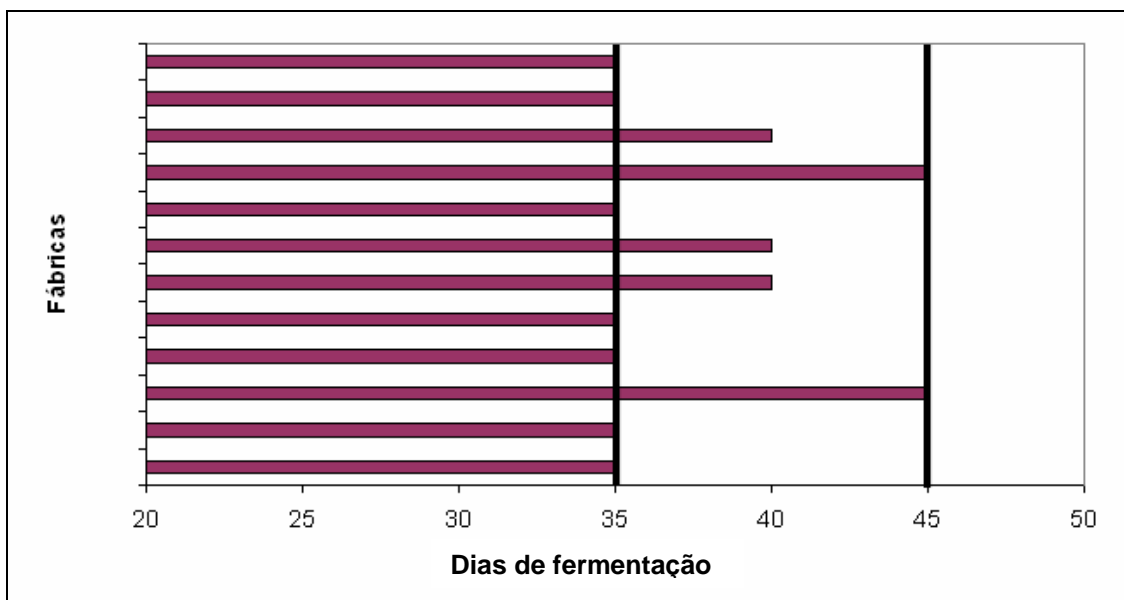


Figura 7. Tempo de fermentação do polvilho nas empresas visitadas.

Em nove das empresas visitadas, a secagem é realizada em jiraus de bambu, outras em cercas armadas revestidas com tecido de algodão ou plástico. Durante a visita, verificou-se a condição descrita a seguir. Uma das doze indústrias apresentava lona de duas faces, utilizando a cor branca em dias de calor intenso, ou a cor preta em dias com temperaturas mais amenas a fim de intensificar a secagem. Três indústrias utilizavam tecidos sobre os jiraus e as demais utilizavam lonas plásticas (Figura 8). O período informado para a secagem do polvilho varia entre 8 e 10 h por dia.

Para avaliar as condições da exposição solar do polvilho azedo, durante fermentação e secagem, obteve-se junto ao INPE informações sobre a estimativa do Índice de Ultravioleta (IUV) nas cidades em estudo. A Figura 9 apresenta o comportamento estimado para o IUV, durante todo o ano de 2005, levando em consideração as seguintes condições: meio-dia solar e céu claro (sem nuvens ou aerossóis).

No cálculo da posição do sol ao meio-dia solar, as cidades de Cachoeira de Minas e Conceição dos Ouros estão muito próximas, assim como Divinópolis e Formiga. Deste modo, não foi necessário calcular IUV distintos para estas duplas de cidades, sendo adotado um valor constante de TOMS (*Total Ozone Monitoring Spectrometer*). Na Figura 9, observa-se que o IUV é bem próximo entre todas as cidades e que as variações entre as 4 cidades

estão dentro dos limites de erros do satélite e dos cálculos. Portanto, pode ser usado um valor médio do IUV, representativo para as 4 localidades.

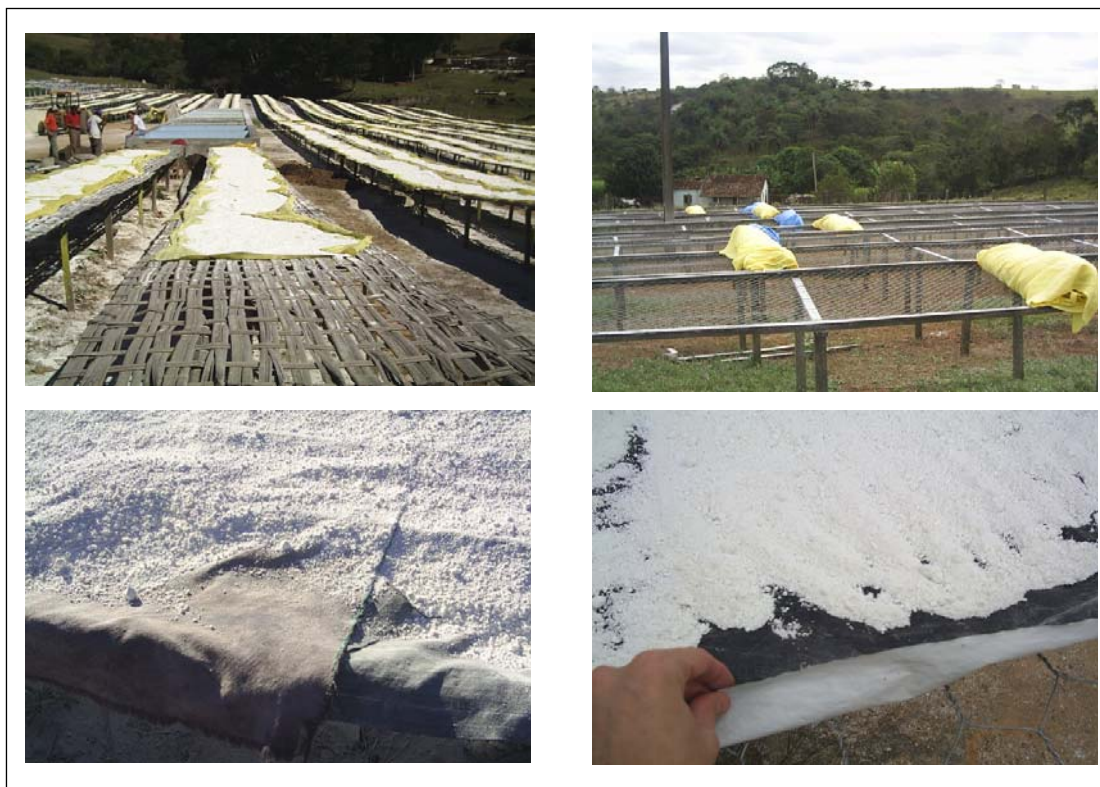


Figura 8. Exemplo de processos de secagem encontrados durante a visita técnica.

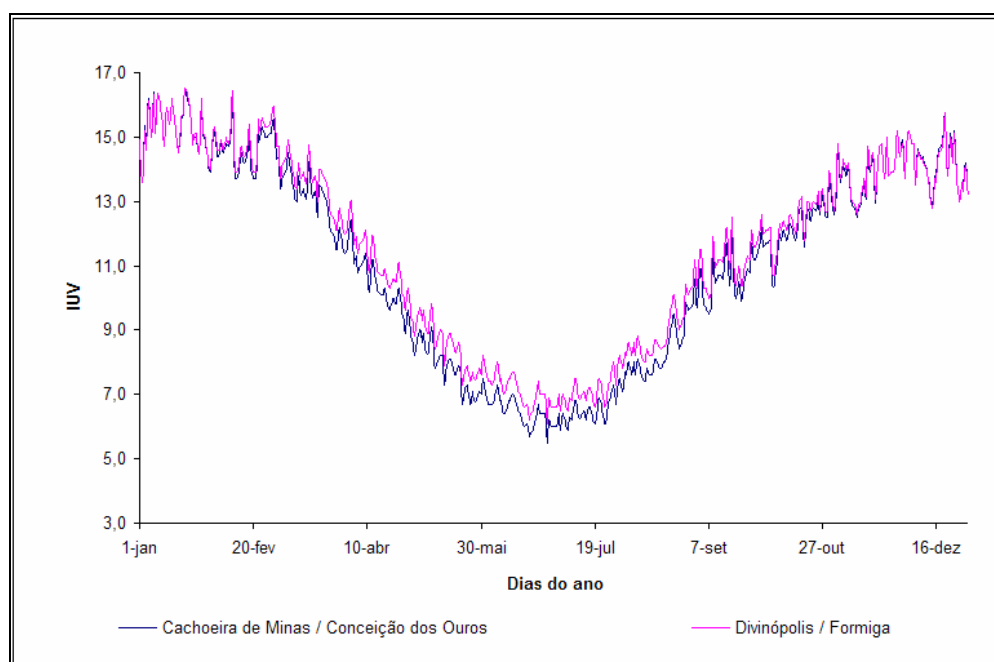


Figura 9. Estimativa do Índice de ultravioleta (IUV) no meio dia solar, com céu aberto durante o ano de 2005 em diferentes regiões de Estudo. Fonte: INPE (2005).

A interpretação desta avaliação indica que a exposição do polvilho ao UV, durante a secagem, não difere nas regiões em estudo, de modo que diferenças encontradas no comportamento reológico das pastas de amido não poderiam ser explicadas pela influência do sol, durante a secagem.

4.2. Avaliação das propriedades físico-químicas das amostras de polvilho azedo

4.2.1. Composição centesimal

As médias dos resultados das análises de umidade, matéria graxa, proteína, cinzas e teor de amido são apresentadas na Tabela 1. Os principais limites, estipulados pela legislação brasileira, são: máximo 14,0 % de umidade e 0,50 % no teor de cinzas e mínimo de 80 % de teor de amido em base seca. As médias apresentadas na Tabela 1 mostram que, dentre as duas regiões, 4 amostras apresentam teor de umidade elevado e 1 apresenta teor de cinzas próximo ao máximo permitido pela legislação.

A umidade média para o total de amostras foi de 13,88 %, sendo que a região Centro-oeste apresentou a menor umidade, com média de 13,28 %. Estes resultados são comparáveis às médias obtidas por outros autores, que avaliaram a umidade de polvilhos azedos comerciais em diferentes estados brasileiros: 13,90 a 15,00 %, em Minas Gerais; 13,60 a 14,30 %, em Santa Catarina; 13,60 % no Paraná e Mato Grosso do Sul (ASQUIERE, 1990; MAEDA, 1999; PEREIRA, 2001; CEREDA e VILPOUX 2002).

As diferenças no teor de umidade resultam do tempo de exposição do polvilho durante a etapa de secagem, das condições climáticas existentes no momento da secagem e da elaboração dos jiraus (tipo de revestimento) utilizados para exposição dos polvilhos. Embora, em ambas regiões, o tempo de secagem estende-se até 12 horas, este pode ser insuficiente para a secagem completa do produto.

Tabela 1. Composição centesimal das amostras de polvilho azedo produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Composição centesimal (%)									
Região	Cidade	Fábrica	Umidade		Lipídeos		Proteína		Cinzas		Teor de amido	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	14,39	± 0,10	0,28	± 0,01	0,19	± 0,02	0,17	± 0,01	95,95	± 1,96
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	13,39	± 0,29	0,27	± 0,02	0,18	± 0,02	0,32	± 0,02	91,00	± 3,49
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	14,67	± 0,68	0,26	± 0,02	0,38	± 0,01	0,36	± 0,02	93,30	± 0,82
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	14,11	± 0,56	0,27	± 0,03	0,23	± 0,01	0,22	± 0,01	92,69	± 2,09
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	13,85	± 0,24	0,27	± 0,02	0,18	± 0,03	0,18	± 0,01	89,66	± 2,37
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	13,55	± 0,17	0,25	± 0,03	0,26	± 0,01	0,21	± 0,02	92,09	± 2,37
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	13,76	± 0,20	0,29	± 0,03	0,21	± 0,02	0,35	± 0,02	91,00	± 1,46
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	13,76	± 0,37	0,21	± 0,02	0,18	± 0,03	0,17	± 0,01	96,78	± 1,26
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	15,20	± 0,58	0,25	± 0,03	0,34	± 0,01	0,26	± 0,01	83,72	± 3,35
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	13,34	± 0,35	0,23	± 0,03	0,17	± 0,03	0,53	± 0,01	97,89	± 1,96
Centro-Oeste	Formiga	8	13,65	± 0,40	0,21	± 0,02	0,25	± 0,02	0,23	± 0,01	97,45	± 1,61
Centro-Oeste	Divinópolis	9	12,90	± 0,49	0,23	± 0,02	0,14	± 0,03	0,14	± 0,01	92,61	± 3,33
Média geral*			13,88 ⁽¹⁾		0,25		0,23 ⁽²⁾		0,26 ⁽¹⁾		92,85 ⁽¹⁾	
Média para a região Sul Mineira			13,76		0,26		0,22		0,27		93,36	
Média para a região Centro-Oeste			13,28		0,22		0,20		0,19		95,83	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade, pela Análise de Variância Aninhada para efeito de regiões (grupos).

(2) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade, pela Análise de Variância Aninhada para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

Não há dados disponíveis na literatura, que comprovem que umidades extremas influenciam negativamente, as propriedades tecnológicas do polvilho azedo. De acordo com CEREDA e VILPOUX (2002), existe certo exagero quanto aos riscos que teores de umidade acima de 14 % poderiam causar. No caso do polvilho azedo, as características do processamento colaboram para que a umidade não seja um problema para conservação do produto com pH baixo e a secagem ao sol, que inibem ou eliminam parte dos microrganismos. MAEDA (1999) afirma que, como a atividade de água do polvilho azedo encontra-se numa faixa 0,40 a 0,60, seria possível alterar o limite da legislação relativa à umidade do produto, aceitando-se, por segurança, valores de até 0,60 de atividade de água.

As amostras apresentaram um teor de cinzas médio de 0,26 %, sendo que a região Centro-oeste apresentou a menor média entre as duas regiões, com 0,19 % de cinzas, com destaque para a amostra da indústria 9 com 0,14 % de cinzas. Ambas as regiões apresentaram valores dentro do permitido pela legislação brasileira. Avaliando o polvilho azedo, produzido nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná, MAEDA (1999) observou médias de 0,18 a 0,19 %, demonstrando que polvilhos de diferentes regiões podem apresentar teores de cinzas aproximados, mesmo com diferenças em seu processo de fabricação. Conclusão similar foi observada por CEREDA (1983d), ao avaliar polvilhos provenientes de São Paulo, Paraná e Minas Gerais.

Para teor de amido, a média das amostras foi de 92,85 % em base seca. Nesta avaliação, observa-se que a região Sul mineira apresentou menor média (93,36 %), ainda assim, dentro das normas brasileiras.

A maior pureza do polvilho está relacionada à etapa de purificação do amido, sendo responsável pela separação dos grânulos de amido das fibras e demais materiais solúveis. As empresas 1 e 12, que se destacaram durante o processamento com maior número de repetições desta etapa ou demais equipamentos na linha de purificação (centrífugas), apresentaram teores de cinzas inferiores a 0,20 % e teores de amido superiores a 95,00 %.

Alguns autores reforçam a importância da colheita da mandioca, próximo ao segundo período fisiológico da planta, época na qual se consegue maior quantidade de raízes e maiores rendimentos em amido (CONCEIÇÃO, 1981; LEONEL-NETO, 1983; ASAOKA et al., 1992; LORENZI & DIAS, 1993; SARMENTO, 1997; SRIROTH et al., 1999; TORMENA, et al., 2004). Os dados

apresentados na Tabela 1 são equivalentes aos encontrados para polvilhos processados em diferentes estados do País, independentemente do tipo de processamento usado, ou seja, artesanal ou industrial (DEMIATE et al., 1997a; DEMIATE et al., 1997b; DEMIATE et al., 1998; MAEDA, 1999).

Para o teor de lipídeos e de proteínas, a legislação brasileira não define um limite na composição do polvilho azedo. Na Tabela 1, observa-se que nas amostras da região Centro-oeste, a amostra da fábrica 9 apresentou valor inferior a 0,15 % em ambas avaliações, ressaltando a eficiência do processo de purificação de amido, obtido em outros estados, devido à fabricação totalmente industrial. O teor de proteína deve aumentar, proporcionalmente, com o tempo de fermentação, pois, os microrganismos que se desenvolvem sobre o polvilho produzem metabólitos protéicos (ASCHERI & VILELA, 1995; ASQUIERE, 1990; ASCHERI, 1992). O teor mínimo de proteína, observado na amostra 9, é similar àqueles encontrados por ASQUIERE (1990) e ASCHERI (1992) para o polvilho fermentado durante tempo inferior a 30 dias.

A análise de variância aninhada apresentou valores de F significativos para as regiões (grupos), na avaliação de teor de cinzas e significativas para as fábricas (sub-subgrupos) nas avaliações de umidade, teor de proteína e teor de amido. As etapas de purificação, fermentação e secagem do polvilho parecem ser as principais responsáveis pelas diferenças, encontradas nas avaliações centesimais.

4.2.2. Análises físico-químicas

A Tabela 2 apresenta resultados das médias para as análises de acidez titulável, pH e pontos pretos. De acordo com a legislação nacional (BRASIL, 1978), a acidez-limite estabelecida para o polvilho azedo é de 5,0 mL de NaOH N por 100 g, no máximo. Na Tabela 2 nota-se que a média de acidez titulável de amostras de polvilho azedo na região Sul mineira foi maior, com 6,30 mL de NaOH N por 100 g, enquanto a região Centro-oeste apresentou média de 4,62 mL de NaOH N por 100 g. Apenas em duas fábricas, as médias de acidez eram inferiores a 5,0 mL de NaOH N por 100 g.

Tabela 2. Análises de acidez titulável, pH e pontos pretos das amostras de polvilho azedo produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Avaliações físico-químicas					
Região	Cidade	Fábrica	Acidez titulável (mL NaOH/100g)		pH		Pontos pretos (pontos/50g)	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	7,00	± 0,2	4,00	± 0,04	55	± 5
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	7,43	± 2,3	4,21	± 0,03	48	± 2
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	5,30	± 0,8	4,20	± 0,02	94	± 2
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	6,87	± 1,1	4,24	± 0,01	53	± 3
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	6,33	± 1,6	4,14	± 0,03	37	± 3
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	5,77	± 0,5	4,38	± 0,03	67	± 2
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	4,80	± 0,5	4,24	± 0,02	44	± 4
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	7,23	± 0,4	4,11	± 0,02	29	± 4
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	5,33	± 0,2	4,18	± 0,06	85	± 6
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	5,20	± 0,4	4,12	± 0,02	38	± 1
Centro-Oeste	Formiga	8	7,27	± 0,9	4,24	± 0,02	54	± 1
Centro-Oeste	Divinópolis	9	1,97	± 0,3	4,83	± 0,02	25	± 4
Média geral*			5,11 ⁽¹⁾⁽²⁾		4,24 ⁽¹⁾⁽²⁾		52 ⁽²⁾	
Média para a região Sul Mineira			6,13		4,18		55	
Média para a região Centro-Oeste			4,62		4,54		40	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de Cidades (subgrupos).

(2) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-sub-grupos).

CEREDA e VILPOUX (2002) indicam que a acidez titulável superior a 7,0 mL de NaOH N por 100 g caracteriza uma fermentação muito intensa, enquanto volumes inferiores a 3,0 mL de NaOH N por 100 g caracterizam a quase ausência de fermentação (características de polvilho doce). Apenas a amostra da fábrica 9 apresenta uma acidez titulável baixa inferior ao valor de 3,0 mL de NaOH por 100 g. MAEDA (1999) encontrou acidez inferior a 5,0 mL de NaOH N por 100 g, em produtos provenientes do Estado do Paraná. PEREIRA (1994) avaliou a qualidade do polvilho azedo processado com diferentes tipos de fermentação, com e sem adição de inóculos, confirmando que, indiferente ao meio, a acidez titulável aumentou lentamente durante o processo fermentativo, variando entre 2,0 mL e 5,0 mL de NaOH N por 100 g, nos primeiros 20 dias de tratamento.

A Figura 10 apresenta a comparação entre o tempo de fermentação, pH e acidez titulável das amostras de polvilho azedo. Observou-se que, embora a grande variação da acidez, o pH permaneceu próximo nos diferentes tempos de fermentação. A maior acidez não foi, necessariamente, resultado de um tempo mais longo de fermentação.

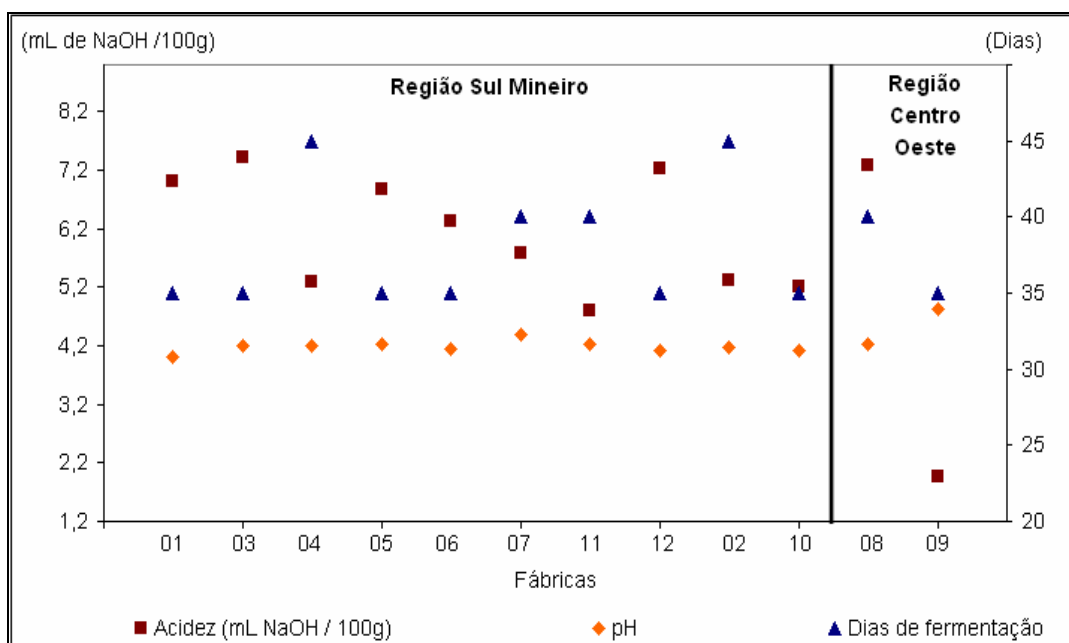


Figura 10. Comparação entre o tempo de fermentação, pH e acidez titulável.

Dados de literatura mostraram que o tempo de fermentação influencia, proporcionalmente, a acidez titulável (ASCHERI, 1992; ASCHERI & VILELA, 1995; SILVEIRA, 2001). O resultado observado, diferente do esperado, pode ter sido causado pela diferença de exposição dos tanques ao sol, durante a etapa de fermentação. Apenas três empresas, uma na região Centro-Oeste e duas na região Sul apresentavam os tanques em locais cobertos, sem nenhum tipo de exposição solar, sendo que, exatamente nessas amostras, foram verificados os maiores teores de acidez titulável.

Com relação ao pH, embora as médias das amostras estejam flutuando próximas à média total (4,24), a análise de variância aninhada indicou que os valores de acidez e pH foram, estatisticamente, diferentes para as fábricas. Em geral, o valor das amostras é superior aos dados encontrados por MAEDA (1999), que obteve pH em torno de 3,97 nos polvilhos, produzidos no Estado

de Minas Gerais. A variação do pH pode estar também relacionada ao tempo de fermentação do polvilho (SILVEIRA 2001, CEREDA 1987). O pH da massa de polvilho em fermentação apresenta, em geral, média inicial próxima a 6,3, sofrendo um decréscimo até 3,0. Essas quedas ocorrem, bruscamente, após os dois primeiros dias de fermentação seguida de uma estabilidade desses baixos valores até o final da fermentação (SILVEIRA, 2001; SILVEIRA et al., 2003). De acordo com o International Commission on Microbiology Specifications of Foods, citado por MAEDA (1999), o intervalo de pH entre 3,8 e 7,2 pode possibilitar o crescimento de bactérias gram-negativas e algumas gram-positivas, como *Lactobacillus* spp, *Clostridium* spp, *Bacillos* spp e *Staphylococcus* spp, influenciando o tempo de prateleira desses produtos.

Para a avaliação de pontos pretos presentes, a legislação não define uma quantidade máxima, mas supõe-se que um elevado número de pontos pretos indique uma purificação insuficiente do amido ou uma etapa de secagem em ambiente inadequado, que contribuiu para contaminação física do produto final. Esta avaliação vem sendo utilizada por indústrias, que processam polvilho azedo, as quais estabelecem um limite máximo, para recepção da matéria-prima em torno de 50 pontos pretos em 50 g de amostra. Na Tabela 2, observa-se que, em duas regiões, 6 amostras apresentam médias superiores ao referencial.

A análise de variância aninhada apresentou valores de F significativos para as cidades (subgrupos) nas avaliações de teor de acidez e significativas para as fábricas (sub-subgrupos) nas avaliações de pH e pontos pretos.

4.2.3. Análise de cor

A análise de cor das amostras de polvilho azedo (Tabela 3) revelou resultados em que a luminosidade (*L*) apresentou média total de 93,83. Para cor vermelha (*a*) o valor médio apresentado foi 0,32 e para a cor amarela (*b*) a média foi de 4,72 para o total de amostras de polvilho azedo. O grau de brancura (*W*), calculado por meio de uma equação, que envolve todas as avaliações (*a*, *b* e *L*), muito utilizado para avaliação de tintas e papeis, pôde ser adaptado na avaliação de cor do polvilho. Quanto maior o grau de brancura, mais nobre é a amostra, com uma coloração branca mais intensa. Na presente avaliação, a amostra da fábrica 9 destacou-se das demais, apresentando o maior grau de brancura (95,5).

Tabela 3. Análise de cor das amostras de polvilho azedo produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Avaliações de cor					
Região	Cidade	Fábrica	L^*	a^*	b^*	Cr	H	W
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	92,90	0,87	5,83	5,90	1,42	90,77
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	93,48	0,73	5,61	5,66	1,44	91,37
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	93,24	0,24	4,97	4,98	1,52	91,60
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	94,44	0,38	4,74	4,75	1,49	92,69
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	94,93	0,22	4,53	4,54	1,52	93,20
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	92,09	0,69	5,72	5,76	1,45	90,21
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	94,26	0,18	4,56	4,56	1,53	92,66
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	94,92	0,17	4,33	4,33	1,53	93,32
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	92,57	0,55	5,10	5,13	1,46	90,97
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	93,76	0,46	5,03	5,05	1,48	91,97
Centro-Oeste	Formiga	8	93,97	0,22	4,27	4,28	1,52	92,61
Centro-Oeste	Divinópolis	9	96,04	-0,83	2,01	2,17	-1,18	95,48
Média geral*			93,83 ⁽²⁾	0,32 ⁽²⁾	4,72 ⁽²⁾	4,76 ⁽²⁾	1,27 ⁽¹⁾⁽²⁾	92,24 ⁽²⁾
Média para a região Sul Mineira			93,66	0,45	5,04	5,06	1,49	91,88
Média para a região Centro-Oeste			95,00	-0,31	3,14	3,22	0,17	94,04

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de cidades (sub-grupos).

(2) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

Segundo SARMENTO (1997), a cor é considerada um parâmetro importante para caracterização da qualidade de fécula de mandioca. A cor do polvilho azedo é importante para o consumidor, embora a relevante influência cultural. Assim a cor branca, ou seja, maior valor de luminosidade (L), menor de vermelho (a) ou verde ($-a$) e de amarelo (b) ou azul ($-b$), é desejada nos produtos derivados do amido de mandioca. Em geral, a cor vermelha e amarela, quando presentes em grande quantidade, podem indicar a presença de sujidades ou alguma alteração físico-química, sofrida durante o processamento do polvilho azedo.

MAEDA (1999) apresentou uma classificação para o polvilho azedo, produzido no Estado de Minas Gerais, baseada em alguns critérios físicos e químicos. Segundo a autora, mesmo entendendo que o consumidor escolhe o produto também pela sua aparência, torna-se importante uma classificação de

polvilho a partir da avaliação colorimétrica. Os polvilhos poderiam ser classificados em tipos A, B ou C, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Proposta de classificação em tipos A, B e C dos índices de colorimetria das amostras de polvilho azedo da região de Minas Gerais

Classificação Geral - Minas Gerais			
Colorimetria	Tipo A	Tipo B	Tipo C
L*	> 93,65	88,78 a 93,65	< 88,78
a*	= 0,00	-0,13 a 0,90	> 0,90 e < -0,13
b*	= 0,00	3,57 a 7,26	> 7,26 e < 3,57

Fonte: Adaptado de MAEDA (1999).

Seguindo a proposta sugerida por MAEDA (1999), as amostras referentes às indústrias 1, 2, 3, 4 e 7 podem ser classificadas como polvilhos do Tipo B em relação aos parâmetros de L^* , a^* e b^* .

Outro modo de avaliar as cores das amostras consiste em partir dos cálculos de *hue* (H) e *croma* (Cr) e interpretação com a escala L . Embora a avaliação seja similar a L , a e b , esta interpretação explica em coordenadas cartesianas a tendência da coloração. A partir da Tabela 3, os resultados de H e Cr confirmam a singularidade da amostra 9, sendo a única com o valor de H encontrada em uma coordenada cartesiana superior ao ângulo 90° e com tendência à cor mais acinzentada devido ao baixo Cr , a interpretação de L resulta em uma luminosidade muito alta, diagnóstico este que qualifica a cor deste polvilho muito próximo da cor gelo. As demais amostras apresentam cores tendendo a creme, variando entre claro e escuro (pelos valores de H e Cr) e em relação a sua luminosidade. Tais características divergentes, presentes nas avaliações de cores, resultam do processamento em cada fábrica, principalmente nas etapas de purificação do amido, fermentação e secagem do polvilho azedo.

A análise de variância aninhada apresentou valores de F significativos para as cidades (subgrupos) nas avaliações de H e significativas para as fábricas (sub-subgrupos) em todas as avaliações de cores.

4.2.4. Determinação de ácidos orgânicos

Os teores dos ácidos orgânicos presentes no polvilho azedo (ácido láctico, acético, butírico e propiônico) são apresentados na Tabela 5. Observa-se que o ácido láctico está presente, em maior quantidade, com média de 0,932 g/100g. seguindo-se o ácido acético (0,219 g/100g), propiônico (0,173 g/100g) e n-butírico (0,109 g/100 g). Em cinco amostras, não foi detectada presença de ácido butírico; estas amostras pertencem a uma mesma região, mas são provenientes de diferentes cidades.

Tabela 5. Concentração dos ácidos orgânicos nas amostras de polvilho azedo, produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Concentração de ácidos orgânicos (g/100 g)			
Região	Cidade	Fábrica	Á. láctico	Á. acético	Á. propiônico	Á. n-butírico
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	1,209	0,188	0,181	0,189
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	1,300	0,215	0,177	0,180
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	0,742	0,196	0,179	0,212
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	1,113	0,238	0,164	Nd
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	1,006	0,203	0,173	Nd
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	0,888	0,251	0,179	Nd
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	0,878	0,215	0,171	0,180
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	1,087	0,221	0,166	Nd
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	0,876	0,194	0,179	Nd
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	0,943	0,192	0,164	0,183
Centro-Oeste	Formiga	8	1,031	0,288	0,175	0,195
Centro-Oeste	Divinópolis	9	0,108	0,229	0,173	0,172
Média geral			0,932	0,219	0,173	0,109
Média para a região Sul Mineira			1,004	0,211	0,173	0,094
Média para a região Centro-Oeste			0,570	0,259	0,174	0,184

Nd = não-determinado.

Teores médios de ácido láctico variando entre 0,420 e 0,610 g/100 g; acético entre 0,020 e 0,034 g/100 g; butírico entre 0,007 g/100 g e 0,020 g/100 g e propiônico próximos a 0,029 g/100g foram encontrados em polvilhos azedos, provenientes do Estado de Santa Catarina (MAEDA 1999; DEMIATE et al., 1999). CARDENAS e BUCKLE (1980) encontraram teores de ácido láctico de 0,660 g/100 g, butírico de 0,170 g/100 g e acético de 0,160 g/100 g em polvilhos produzidos na Colômbia (Cacaua). Estes ácidos são originários do

metabolismo dos microrganismos presentes na fase de fermentação. Baseando-se na grande quantidade de ácido láctico observada, pode-se afirmar que os valores elevados de acidez nas amostras de polvilho azedo são devido a este ácido.

Alguns estudos têm sido elaborados, com intuito de substituir a etapa de fermentação pela adição de ácido láctico e reproduzir as mesmas características, adquiridas pelo polvilho azedo, em sua fermentação natural. CEREDA (1983c) demonstrou que o polvilho acidificado, artificialmente, não apresenta condições necessárias à modelagem de biscoitos, indicando que o polvilho azedo, produzido por fermentação natural, apresenta características viscoamilográficas e químicas inigualáveis. Os principais problemas observados no produto final, com a fermentação natural, são a falta de padronização e o pouco entendimento sobre o processo fermentativo, que determinam qualidade muito variável, inclusive para um mesmo produtor. De acordo com diversos trabalhos, a fermentação do ácido láctico, assim como a radiação solar, são essenciais para a habilidade de expansão do amido de mandioca (BERTOLINI et al., 2001; CARDENAS & DE CURVATURA, 1980 citado por VATANASUCHART et al., 2005; VATANASUCHART et al., 2005).

4.2.5. Determinação de poder de inchamento e índice de solubilidade

O poder de inchamento e o índice de solubilização nas temperaturas de (30, 45, 60, 75 e 90°C) para as amostras de polvilho azedo são apresentados nas Tabelas 6 e 7. Tanto o poder de inchamento quanto o índice de solubilização dependem do arranjo das moléculas de amilose e amilopectina, nos grânulos de amido. Segundo AMANTE (1986), a força do arranjo miscelar é que controla o comportamento do amido em água. Ambas propriedades permitem estimar o tipo de organização que, provavelmente, ocorre no interior do grânulo.

Os dados apresentados na Tabela 6, mostram a existência de diferenças nos arranjos miscelares entre o polvilho da fábrica 9 e s demais polvilhos, sugerindo maior força de interação molecular nos grânulos de amido desta amostra, o que resulta em maior dificuldade para penetração da água e, conseqüentemente, baixo índice de absorção.

Tabela 6. Avaliações de poder de inchamento das amostras de polvilho azedo produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Poder de inchamento (g/g)				
Região	Cidade	Fábrica	30°C	45°C	60°C	75°C	90°C
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	1,84 ± 0,00	1,98 ± 0,02	12,49 ± 0,49	13,73 ± 0,30	4,09 ± 0,17
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	1,81 ± 0,01	1,95 ± 0,04	15,66 ± 0,75	14,16 ± 0,29	5,17 ± 0,18
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	1,77 ± 0,00	1,91 ± 0,04	13,28 ± 0,67	14,75 ± 0,59	4,61 ± 0,03
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	1,82 ± 0,04	2,08 ± 0,02	11,85 ± 0,48	14,00 ± 0,12	6,46 ± 0,57
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	1,82 ± 0,02	1,96 ± 0,02	10,57 ± 0,49	11,85 ± 0,27	5,38 ± 0,28
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	1,89 ± 0,03	2,13 ± 0,06	12,20 ± 0,56	15,72 ± 0,96	5,47 ± 0,72
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	1,82 ± 0,02	1,96 ± 0,03	11,04 ± 0,58	11,25 ± 0,28	5,04 ± 0,26
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	1,80 ± 2,54	2,52 ± 0,03	12,52 ± 0,57	14,17 ± 0,31	5,65 ± 0,84
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	1,77 ± 0,02	2,01 ± 0,05	12,64 ± 0,59	13,87 ± 0,19	4,84 ± 0,03
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	1,92 ± 2,51	2,18 ± 0,01	11,99 ± 0,56	17,47 ± 0,41	5,10 ± 0,03
Centro-Oeste	Formiga	8	1,81 ± 0,01	1,96 ± 0,05	12,34 ± 0,55	14,24 ± 0,16	5,85 ± 0,57
Centro-Oeste	Divinópolis	9	1,76 ± 0,07	1,89 ± 0,03	7,96 ± 0,32	9,63 ± 0,00	5,54 ± 0,35
Média geral*			1,82 ⁽¹⁾	2,04	12,04	13,74	5,27 ⁽¹⁾
Média para a região Sul Mineira			1,83	2,07	12,42	14,10	5,18
Média para a região Centro-Oeste			1,78	1,92	10,15	11,94	5,70

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

Tabela 7. Avaliações de índice de solubilidade das amostras de polvilho azedo produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Poder de solubilidade (g/g)									
Região	Cidade	Fábrica	30°C		45°C		60°C		75°C		90°C	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	0,00		0,00		0,18	± 0,17	0,30	± 0,09	0,70	± 0,21
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	0,00		0,00	± 0,02	0,25	± 0,15	0,26	± 0,11	0,47	± 0,12
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	0,00		0,01	± 0,02	0,10	± 0,21	0,29	± 0,02	0,71	± 0,12
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	0,00	± 0,01	0,01		0,11	± 0,14	0,16	± 0,05	0,18	± 0,16
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	0,02	± 0,01	0,01		0,11	± 0,16	0,24	± 0,10	0,76	± 0,25
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	0,00		0,03	± 0,01	0,11	± 0,19	0,25	± 0,25	0,47	± 0,30
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	0,00	± 0,01	0,03	± 0,01	0,23	± 0,16	0,20	± 0,06	0,41	± 0,18
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	0,00		0,13	± 0,08	0,28	± 0,09	0,24	± 0,07	0,20	± 0,32
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	0,00		0,03	± 0,02	0,20	± 0,19	0,46	± 0,12	0,79	± 0,23
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	0,01	± 0,07	0,01	± 0,01	0,18	± 0,04	0,65	± 0,23	0,98	± 0,31
Centro-Oeste	Formiga	8	0,01		0,01	± 0,01	0,21	± 0,06	0,29	± 0,04	0,51	± 0,23
Centro-Oeste	Divinópolis	9	0,01	± 0,01	0,02		0,07	± 0,04	0,10	± 0,01	0,15	± 0,06
Média geral*			0,00		0,02		0,17		0,29		0,53	
Média para a região Sul Mineira			0,00		0,03		0,18		0,31		0,57	
Média para a região Centro-Oeste			0,01		0,02		0,14		0,20		0,33	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

Observa-se que as amostras 7 e 10 são mais suscetíveis ao inchamento em baixas temperaturas, revelado pela fácil penetração de água, possivelmente em virtude de maior fragilidade granular, semelhante ao observado em amido danificado. Com o auxílio do gráfico de poder de inchamento (Figura 11), tornam-se visíveis as diferenças entre as amostras de polvilhos, nas temperaturas entre 45°C e 90°C.

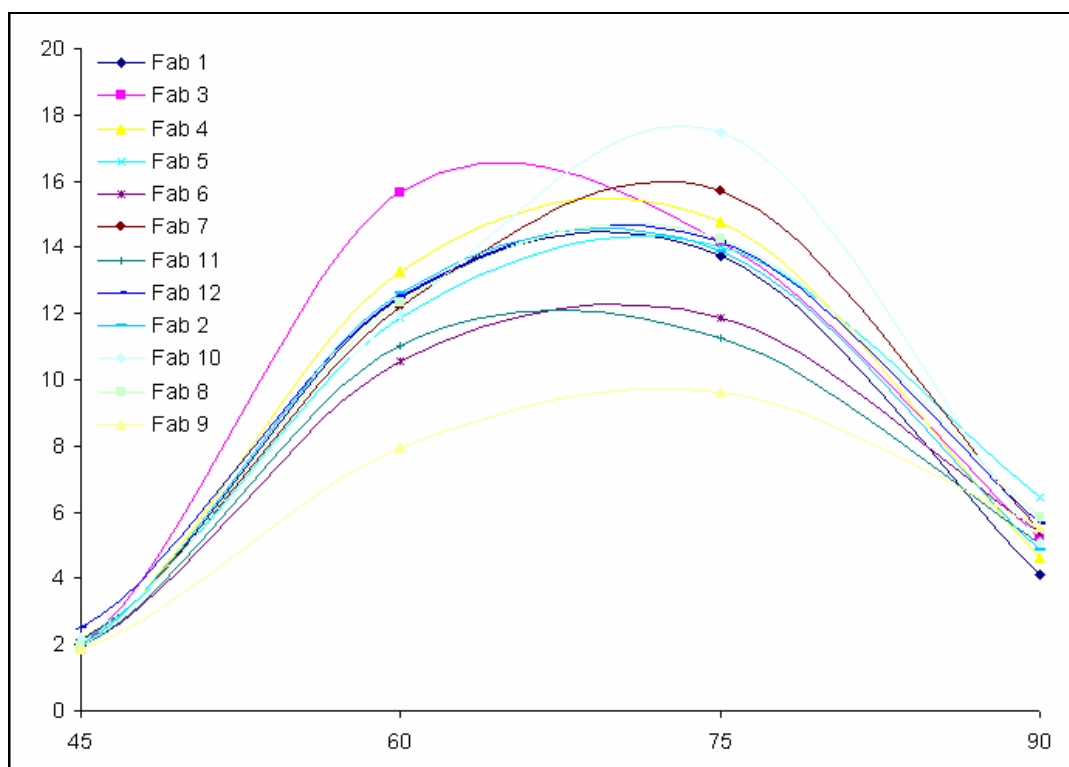


Figura 11. Poder de inchamento de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais.

A análise de variância aninhada apresentou valores de F significativos para as fábricas (sub-subgrupos) nas avaliações de poder de inchamento, em temperaturas de 30°C e 90°C.

No perfil apresentado na Figura 11, observa-se maior destaque para as amostras das fábricas 7, 9, 10 e 11 na temperatura de 75°C, sendo que a amostra 9 que apresentou o menor poder de inchamento, durante esse período.

A capacidade média de absorção de água fria, medida a 30°C, foi 1,99 (g/g); em temperatura de maior absorção (75°C) foi de 13,68 (g/g). O aumento da temperatura causou um aumento médio de 7,6 vezes na absorção de

polvilho azedo; maior para amostra da fábrica 10, com aumento de 9,1 vezes. O rompimento do grânulo de amido com conseqüente diminuição na capacidade de absorção de água observada a 90°C pode ser interpretado como uma baixa resistência à agitação. Possivelmente, com uma concentração maior de amido nas suspensões em estudo, tal redução não seria observada. É possível que uma avaliação com gradiente menor de temperatura, na faixa de 70°C a 90°C, permitisse observar aumentos superiores a dez vezes em relação à absorção a frio, conforme encontrado em literatura (DEMIATE et al., 1997; ASCHERI, 1992; ASCHERI & VILELA, 1995; DEMIATE et al., 1997; VATANASUCHART et al., 2005).

É importante ressaltar que os valores de acidez e pH não foram, diretamente, influenciados pelo tempo de fermentação. Similarmente, as características de poder de inchamento e índice de solubilidade não mostraram relação com quaisquer dos parâmetros avaliados.

4.3. Avaliação das propriedades reológicas

4.3.1. Curvas de viscosidade

A Tabela 8 apresenta o resultado de análise em Rápido Visco Analisador (RVA), para temperatura de gelatinização, viscosidade máxima, breakdown (resistência à agitação mecânica) e setback (tendência à retrogradação). O perfil da viscosidade máxima variou nas amostras das diferentes regiões. A região Centro-Oeste apresentou a maior média, destacando-se o polvilho da fábrica 9, que produziu pastas com maior viscosidade máxima (a quente) entre as amostras avaliadas. A viscosidade máxima é importante para avaliação da qualidade do polvilho, uma vez que a fluidez pode interferir nos equipamentos a serem utilizados e dimensionados numa linha de produção, até na formulação do produto a ser fabricado.

Na maioria dos estudos com polvilho azedo, utiliza-se o viscoamílografo Brabender para esta avaliação, sendo os resultados característicos para viscosidade máxima próximos de 750 U.B. (inferiores aos amidos de mandioca não fermentada, que estão próximos a 850 U.B.) em concentrações de 6 % de amido (ASCHERI, 1992; ASQUIERI, 1990; CEREDA, 1983d; PLATA-OVIEDO & CAMARGO, 1998; MOORTHY et al., 1996). Alguns estudos com análise de

Tabela 8. Propriedades de pasta das amostras de polvilho azedo produzidas em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Propriedades de pasta							
Região	Cidade	Fábrica	Viscosidade máxima (RVU)		Breakdown (RVU)		SetBack (RVU)		Temperatura de gelatinização (°C)	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	98,45	± 3,07	86,28	± 2,44	3,14	± 0,27	74,17	± 0,80
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	133,00	± 0,95	114,83	± 0,65	7,11	± 0,34	70,25	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	90,70	± 0,75	75,30	± 0,25	5,86	± 0,10	72,35	± 0,44
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	122,92	± 0,69	91,20	± 0,46	13,06	± 0,57	69,38	± 0,08
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	128,67	± 2,17	109,97	± 1,75	7,06	± 0,17	71,00	± 0,05
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	110,97	± 0,86	97,64	± 0,59	5,00	± 0,25	69,92	± 0,49
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	92,25	± 0,00	82,44	± 2,00	3,42	± 4,00	74,78	± 5,00
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	115,14	± 0,42	92,64	± 0,70	10,64	± 0,21	69,38	± 0,03
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	87,78	± 2,30	79,31	± 2,05	3,36	± 0,10	74,47	± 0,55
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	93,61	± 1,90	84,03	± 1,76	2,86	± 0,05	74,25	± 0,83
Centro-Oeste	Formiga	8	117,00	± 0,88	89,50	± 0,79	10,83	± 0,22	70,77	± 0,36
Centro-Oeste	Divinópolis	9	142,78	± 7,71	97,86	± 4,82	24,50	± 0,88	71,28	± 0,49
Média geral*			111,10 ⁽²⁾		91,75 ⁽²⁾		8,07 ^{(1) (2)}		71,83 ⁽²⁾	
Média para a região Sul Mineira			107,35		91,36		6,15		72,00	
Média para a região Centro-Oeste			129,89		93,68		17,67		71,03	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de cidades (subgrupos).

(2) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

viscosidade cinemática em RVA apontam valores de viscosidade máxima em torno de 225 RVU, para polvilho azedo e próximos a 380 RVU para o polvilho doce, em concentrações de até 10 % de amido (GOMES et al., 2004; SANTISOPASRI et al., 2000; CHATAKANONDA et al., 2002). Os resultados encontrados no presente estudo estão abaixo daqueles reportados na literatura, possivelmente devido aos elevados teores de acidez. De fato, NAKAMURA, citado por ASQUIERI, 1990, afirma que a viscosidade máxima do polvilho azedo é mais baixa que a do polvilho doce e que durante toda a análise, a pasta de polvilho azedo mantêm-se menos viscosa, apresentando menor estabilidade à agitação e menor capacidade de retrogradação ou geleificação.

A quebra de viscosidade, ou breakdown, é resultado da diferença entre a viscosidade máxima a quente e a viscosidade mínima da pasta. Por meio desta propriedade, é possível avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas, cujos grânulos rompem-se sob agitação mecânica. Na Tabela 8, observa-se que os polvilhos provenientes das fábricas 3, 6, 7 e 9, além de apresentarem valores superiores a 110 RVU para viscosidade máxima, apresentaram maior breakdown (acima de 97 RVU), ou seja, menor resistência à agitação a quente, comportamento este comum em polvilhos com elevado teor de amido danificado. Para a amostra 9, em particular, mesmo o breakdown sendo muito alto, a viscosidade mínima também foi alta, demonstrando pouca alteração no perfil do amido intacto. Este resultado indica, mais uma vez, um amido com estrutura molecular coesa e estável, proporcional aos resultados de uma baixa acidez e absorção de água.

Os resultados obtidos para as duas regiões, com exceção das fábricas 5 e 9, foram inferiores aos encontrados em literatura de amostras de polvilho azedo, 13 RVU (GOMES et al., 2004). A tendência à retrogradação é inferida pelo setback, ou seja, pela diferença entre viscosidade final (a frio) e viscosidade mínima (de pasta) e permite avaliar a diferença da viscosidade do gel, durante a fase de resfriamento. A retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina, através da formação de novas ligações de hidrogênio, resultando na formação de géis.

A análise de variância aninhada resultou em F significativos para fábricas (sub-subgrupos) nas avaliações de viscosidade máxima, breakdown e

setback, bem como valores de F significativos para os subgrupos também na avaliação de setback.

O polvilho azedo é considerado um amido modificado devido às alterações em suas propriedades reológicas, tais como a redução de sua viscosidade máxima a quente, resultante da oxidação molecular e da radiação solar durante a etapa de secagem. Na Figura 12, observa-se uma correspondência entre a concentração do ácido láctico na amostra e o comportamento da viscosidade do amido, principalmente na viscosidade máxima da pasta, exceto para a amostra da fábrica 9.

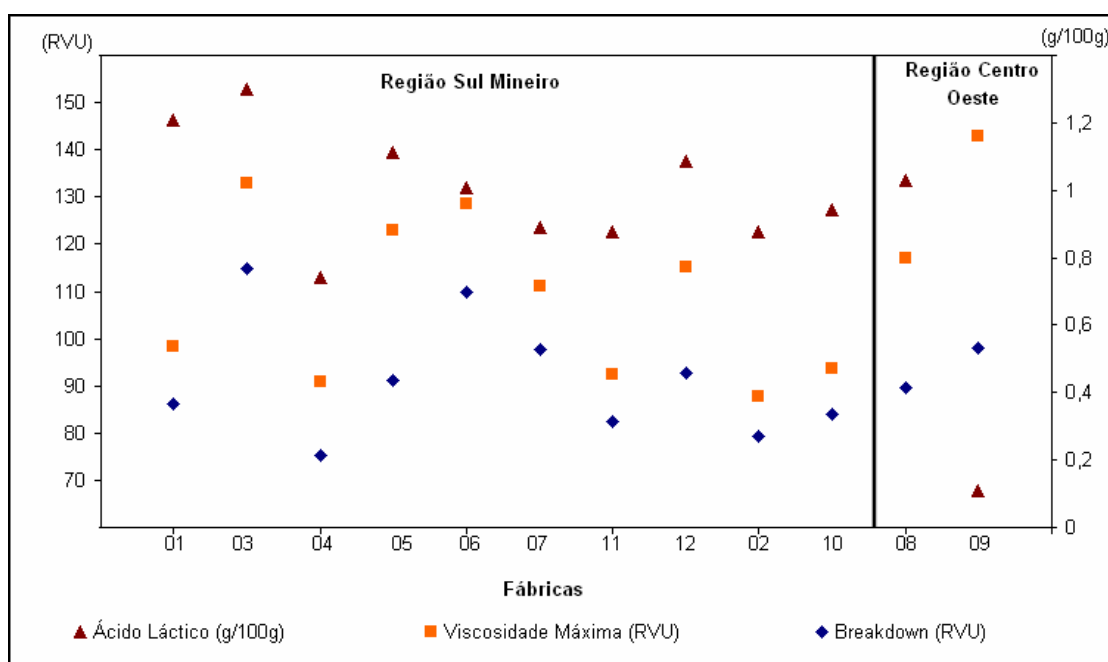


Figura 12. Comparação entre teor de ácido láctico e propriedades de pasta do polvilho azedo.

Embora o ácido láctico seja o de maior concentração entre os ácidos orgânicos presentes nas amostras, não se pode estabelecer um padrão entre sua influência e as viscosidades obtidas; outros fatores podem influenciar a reologia, além da acidez da amostra.

4.3.2. Calorimetria diferencial de varredura

A Tabela 9 apresenta a avaliação da temperatura de transição das amostras de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, obtidas pelas análises de Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC). Quando aplicada ao amido, a DSC fornece medidas quantitativas do fluxo de calor associado à gelatinização. Para detecção das fases de transição nos amidos, os métodos de DSC têm a vantagem de ser independentes da birrefringência dos grânulos. As mudanças de entalpia, observadas por DSC, geralmente são relacionadas à transição do tipo ordem/desordem em regiões de menor ordem cristalina do grânulo (CEREDA, 2002b).

As médias dos picos de temperatura (T_p) das amostras para as duas regiões, Sul (70,6°C) e Centro-Oeste (70,2°C) são superiores aos de amido de mandioca não fermentada. De acordo com CEREDA (2002b), as endotermas de gelatinização de amido de mandioca apresentam picos de temperatura próximos a 65°C e variação de entalpia (ΔH) próxima a 17 J/g. A diferença observada para o polvilho azedo já era esperada, pois, o aumento na temperatura de viscosidade máxima é próprio em amidos, que sofrem fermentação natural. Houve, também, a diminuição nas variações de entalpia das amostras de polvilho azedo, em comparação com o polvilho doce. A região Centro-Oeste apresentou maiores médias, em relação à região Sul Mineira, tanto para variação de temperatura, quanto para variação de entalpia. Tanto para a variação de temperatura de transição, quanto para a variação de energia requerida na ruptura dos grânulos, a etapa de fermentação e o teor de amido parecem ser os fatores que mais influenciam o perfil do polvilho azedo. A alta variação de energia requerida para ruptura dos grânulos, obtida no polvilho 9, pode ser devida à sua baixa acidez. As elevadas faixas de temperatura de gelatinização (ΔT) e de energia para ruptura dos grânulos (ΔH), que ocorreram para os polvilhos 2 e 10, devem-se aos excessivos teores de proteína e cinzas nas amostras.

Tabela 9. Avaliação da temperatura de transição das amostras de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Análise de DSC				
Região	Cidade	Fábrica	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	ΔH (J/g m s)
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	63,66 ± 0,46	71,89 ± 0,20	75,75 ± 0,39	12,09 ± 0,11	14,55 ± 0,20
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	63,62 ± 0,18	69,86 ± 0,11	75,36 ± 0,54	11,74 ± 0,39	15,05 ± 0,52
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	61,61 ± 1,20	68,51 ± 0,66	74,56 ± 0,08	12,94 ± 1,13	14,80 ± 0,83
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	60,84 ± 0,74	69,15 ± 0,99	74,30 ± 0,54	13,46 ± 1,21	12,61 ± 3,92
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	57,49 ± 0,80	68,75 ± 0,80	71,25 ± 0,24	13,77 ± 0,99	10,44 ± 3,11
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	61,56 ± 1,92	71,62 ± 0,84	76,46 ± 1,18	14,90 ± 2,74	11,29 ± 4,57
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	65,61 ± 0,47	71,23 ± 0,70	77,18 ± 0,69	11,57 ± 0,95	13,52 ± 2,04
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	62,60 ± 2,09	68,29 ± 1,30	73,56 ± 3,29	10,96 ± 1,33	12,11 ± 1,48
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	56,76 ± 0,63	72,37 ± 0,77	76,40 ± 0,51	19,63 ± 0,99	14,69 ± 0,11
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	62,22 ± 1,61	73,95 ± 0,38	78,90 ± 0,50	16,68 ± 2,11	14,82 ± 0,87
Centro-Oeste	Formiga	8	60,44 ± 0,77	68,90 ± 0,74	74,29 ± 0,63	13,85 ± 0,38	13,65 ± 3,94
Centro-Oeste	Divinópolis	9	60,16 ± 1,13	71,40 ± 0,83	75,61 ± 0,94	15,44 ± 1,85	15,73 ± 0,70
Média geral*			61,38 ⁽²⁾	70,49 ⁽¹⁾⁽²⁾	75,30 ⁽²⁾	13,92 ⁽¹⁾⁽²⁾	13,61 ⁽²⁾
Média para a região Sul Mineira			61,60	70,56	75,37	13,77	13,39
Média para a região Centro-Oeste			60,30	70,15	74,95	14,65	14,69

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de cidades (subgrupos).

(2) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

Nas Figuras 13 e 14, é mostrada a influência da acidez titulável nas avaliações de ΔH e ΔT para as amostras em estudo. Na Figura 13, observa-se uma tendência à diminuição da variação de energia com o aumento da acidez, porém, como o valor de R^2 foi muito baixo, não foi possível estabelecer uma proporcionalidade entre o aumento da acidez e a redução de energia. A ação dos ácidos orgânicos no amido promove o desarranjo das moléculas de amilose e amilopectina, tornando os grânulos mais frágeis de forma que a energia necessária à ruptura seja menor. Comportamento semelhante observa-se na Figura 14, para a variação de temperatura, de modo que o R^2 também não demonstra relação diretamente proporcional.

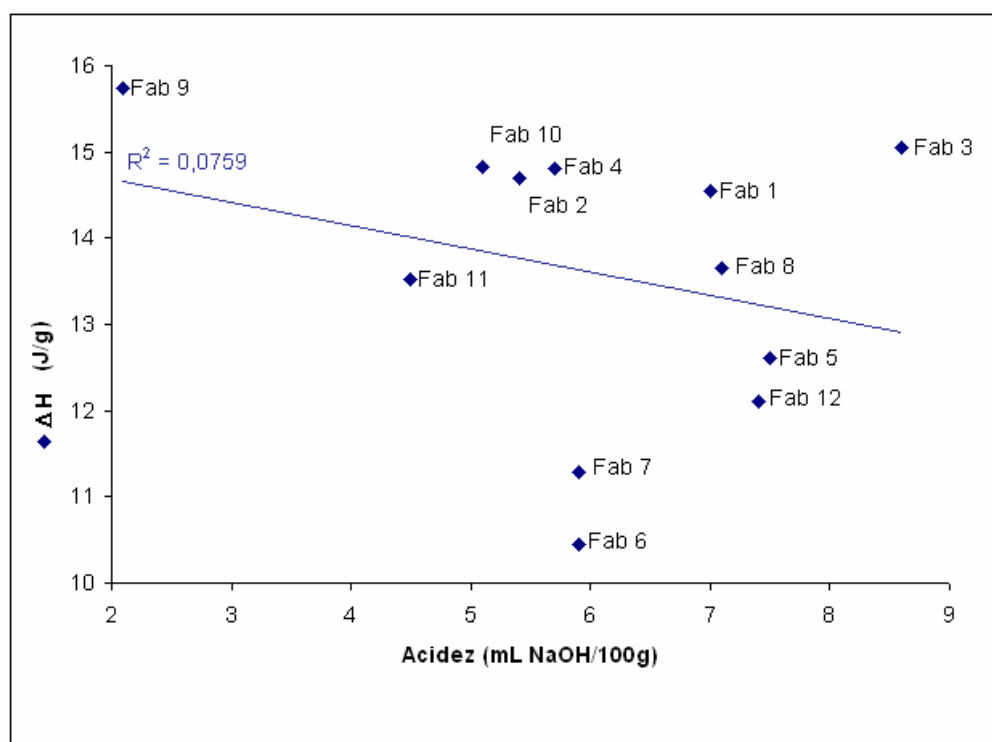


Figura 13. Influência da acidez do polvilho azedo na variação de energia necessária para ruptura dos grânulos de amido.

VATANASUCHART et al. (2005) avaliando as propriedades do amido de mandioca, acidificado artificialmente e seco em diferentes condições, encontraram valores de ΔH inferiores aos apresentados na Tabela 9 indicando que a acidificação natural do polvilho azedo resulta menor alteração nos grânulos de amido por oxidação.

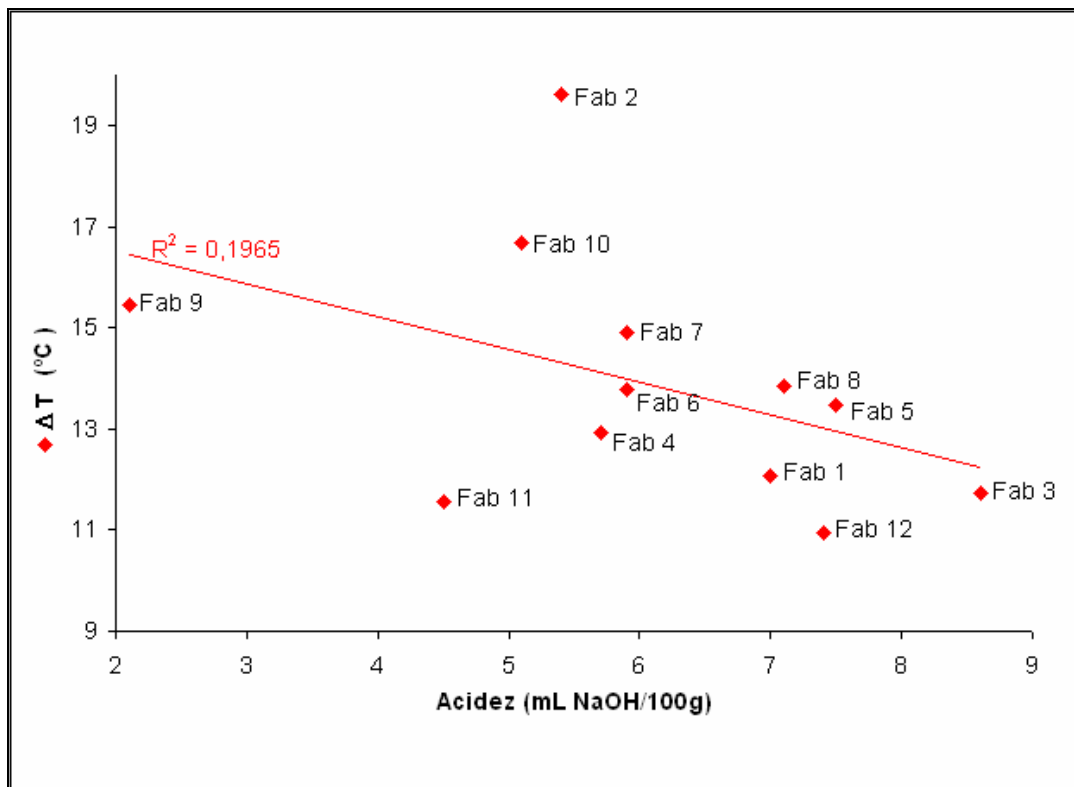


Figura 14. Influência da acidez do polvilho azedo na variação de temperatura necessária para ruptura dos grânulos de amido.

A Análise de Variância Aninhada apresentou valores de F significativos para as fábricas (sub-subgrupos) em todas as avaliações, T_o , T_p , T_c , ΔT e ΔH ; entretanto, apresentou ainda valores de F significativos para cidades (subgrupos) nas avaliações de T_p e ΔT .

4.3.3. Avaliação das propriedades de retrogradação

Na Tabela 10, apresenta-se a perda de água para os géis de polvilho azedo, que sofreram descongelamento, após o congelamento único durante um período de cinco dias. Observa-se que os géis exibem baixa sinérese, com o descongelamento, indicando baixa tendência à retrogradação. Mesmo com baixa perdas de água, a Análise de Variância Aninhada constatou valores de F significativos para as fábricas (sub-subgrupos) em todos os dias de avaliação.

Tabela 10. Avaliação das propriedades de retrogradação (descongelado apenas no dia da avaliação) em função dos dias para as amostras de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Perda de água (g)				
Região	Cidade	Fábrica	Dia 01	Dia 02	Dia 03	Dia 04	Dia 05
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	0,04	0,00	0,00	0,00	0,13
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	0,00	0,08	0,02	0,00	0,10
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	0,45 ± 0,01	0,00	0,04	0,11	0,24
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	0,03	0,02	0,01	0,03	1,97 ± 0,02
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	0,09	0,04	0,04	0,04	0,09
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	0,04	0,06	0,00	0,03	0,00
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	0,04	0,18	0,00	0,01	0,11
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	0,00	0,08	0,00	0,04	0,04
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	0,23	0,23	0,00	0,03	0,46 ± 0,01
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	0,23	0,19	0,09	0,06	0,13
Centro-Oeste	Formiga	8	0,05	0,10	0,11	0,11	0,26
Centro-Oeste	Divinópolis	9	0,02	0,02	0,00	0,08	0,00
Média geral*			0,10 ⁽²⁾	0,08 ⁽¹⁾⁽²⁾	0,03 ⁽¹⁾⁽²⁾	0,04 ⁽²⁾	0,29 ⁽²⁾
Média para a região Sul Mineira			0,12	0,09	0,02	0,04	0,33
Média para a região Centro-Oeste			0,04	0,06	0,06	0,10	0,13

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de cidades (sub-grupos).

Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

A avaliação das pastas do polvilho e suas alterações em condições de estresse, tais como congelamento, refrigeração, esterilização (calor) e acidez é pouco relatadas na literatura. Na indústria de alimentos, o principal uso do polvilho azedo como matéria-prima consiste na fabricação de produtos congelados, de modo que a avaliação do comportamento do gel, referente à sua sinérese e às condições de estresse de congelamento/descongelamento é importante para a caracterização tecnológica, visando até mesmo identificar uma utilização mais apropriada.

A Tabela 11 mostra a sinérese em géis, que foram submetidos diariamente ao ciclo de congelamento e descongelamento. As amostras da região Sul Mineira exibiram maior perda de água, durante a avaliação. A Análise de Variância Aninhada apresentou valores de F significativo para as fábricas (sub-sub-regiões) em todo o ciclo de avaliação.

Outra avaliação da propriedade de retrogradação é apresentada na Tabela 12, como resultados de Força Máxima obtidos em análise de textura dos géis de polvilho azedo, armazenados em temperatura ambiente.

Nesta avaliação, os géis que apresentam menor força máxima não são os mesmos que apresentam menor sinérese, após resfriamento do gel à temperatura ambiente, ou seja, à menor tendência a retrogradação. Avaliando os dados individuais, observa-se que a amostra 7 obteve um dos menores valores de força máxima em relação às demais amostras, comportamento este coerente com a perda de água observada no ciclo de descongelamento. Entretanto, de acordo com os resultados obtidos, não é possível estabelecer uma relação entre os comportamentos dos géis em diferentes meios, pois, nem todas as amostras apresentaram a correlação, observada para a amostra 7. Era esperado que os géis mais macios (menor força máxima) fossem os mesmos apresentando menor perda de água, após congelamento único; o que sugere que o teste de perda de água pode não ser o mais apropriado para estudar os fenômenos de retrogradação, isoladamente.

Como ocorrido na análise de variância na avaliação do ciclo de congelamento e descongelamento, a avaliação de força máxima também apresentou F significativo para as fábricas (sub-regiões).

Tabela 11: Avaliação das propriedades de retrogradação (descongelados/congelados durante todos os dias até avaliação final) em função dos dias para as amostras de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Perda de água (g)									
Região	Cidade	Fábrica	Dia 01		Dia 02		Dia 03		Dia 04		Dia 05	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	0,07		7,89	± 0,09	10,42	± 0,12	17,90	± 0,20	19,10	± 0,22
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	0,01		13,80	± 0,16	18,40	± 0,21	20,14	± 0,23	24,20	± 0,28
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	0,06		16,09	± 0,18	20,08	± 0,23	20,26	± 0,23	22,27	± 0,25
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	0,02		12,59	± 0,14	12,71	± 0,15	19,22	± 0,22	22,06	± 0,25
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	0,91	± 0,01	18,68	± 0,21	18,93	± 0,22	19,28	± 0,22	29,08	± 0,33
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	0,02		3,57	± 0,04	4,55	± 0,05	14,54	± 0,17	19,05	± 0,22
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	0,50	± 0,01	15,77	± 0,18	18,84	± 0,22	26,36	± 0,30	26,43	± 0,30
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	0,20		8,80	± 0,10	14,90	± 0,17	16,47	± 0,19	24,38	± 0,28
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	0,23		10,61	± 0,12	17,99	± 0,21	22,20	± 0,25	24,08	± 0,27
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	0,06		13,27	± 0,15	22,09	± 0,25	23,75	± 0,27	28,74	± 0,33
Centro-Oeste	Formiga	8	0,02		7,27	± 0,08	12,27	± 0,14	18,11	± 0,21	20,05	± 0,23
Centro-Oeste	Divinópolis	9	0,14		14,38	± 0,16	15,91	± 0,18	20,78	± 0,24	21,96	± 0,25
Média geral*			0,19 ⁽¹⁾		11,89 ⁽¹⁾		15,59 ⁽¹⁾		19,92 ⁽¹⁾		23,45 ⁽¹⁾	
Média para a região Sul Mineira			0,21		12,11		15,89		20,01		23,94	
Média para a região Centro-Oeste			0,08		10,83		14,09		19,45		21,01	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

Tabela 12. Avaliação de Força Máxima para as amostras de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Retrogradação	
Região	Cidade	Fábrica	Força Máxima (g)	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	101,70	± 3,00
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	72,87	± 3,51
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	95,33	± 1,53
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	79,87	± 2,52
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	62,57	± 2,08
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	72,83	± 3,06
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	104,93	± 3,79
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	99,70	± 3,00
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	109,03	± 2,89
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	92,03	± 4,93
Centro-Oeste	Formiga	8	80,63	± 3,51
Centro-Oeste	Divinópolis	9	105,73	± 2,08
Média geral*			89,77 ⁽¹⁾	
Média para a região Sul Mineira			89,09	
Média para a região Centro-Oeste			93,18	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

4.3.4. Poder de expansão

A Tabela 13 apresenta as expansões volumétricas dos polvilhos em estudo a partir de duas metodologias: método instrumental (com utilização do farinógrafo para mistura); e método prático (mistura de massa feita à mão). A média geral de expansão foi maior, ao utilizar o método instrumental.

Na legislação brasileira, não existe ainda uma classificação para polvilho azedo, segundo os índices de expansão ao forno. Como a análise de expansão é muito utilizada para estabelecer a qualidade tecnológica do polvilho azedo, algumas pesquisas já foram elaboradas para estudar a influência dos ingredientes e as alterações do polvilho de mandioca pela fermentação para o fabrico de biscoitos (CEREDA, 1983b; CEREDA, 1983c; CEREDA, 1983d; MAEDA & CEREDA, 2001; ASCHERI & VILELA, 1995).

Em comparação com o método prático, o método instrumental resulta em gelatinização mais homogênea, de modo que a diferença nos resultados

médios entre as duas metodologias era esperada (Figura 15 e Tabela 13). Na avaliação com o método instrumental, mesmo as médias entre as regiões estudadas sendo muito próximas, a análise de variância aninhada apresentou F significativo para as fábricas; o mesmo foi obtido com utilização do método prático.

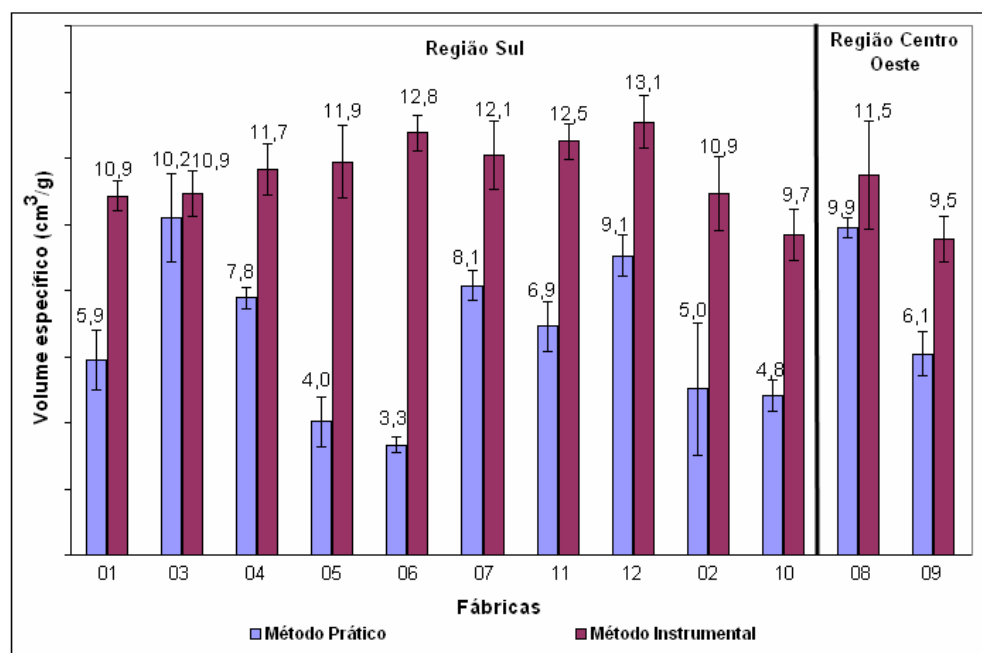


Figura 15. Comparação entre as metodologias utilizadas na avaliação das propriedades de expansão do polvilho azedo.

Mesmo com a proposta de classificação de polvilho azedo, utilizando o método instrumental, proposta por MAEDA (1999) e a proposta de NUNES e CEREDA (citado por MAEDA & CEREDA, 2001), não foi possível classificar os resultados obtidos, pois as duas propostas de classificação utilizam métodos nos quais testam-se formulações de biscoitos e não, apenas, o polvilho com água, conforme realizado no presente trabalho. Os ingredientes dessas formulações podem influenciar a plasticidade da massa, capacidade de reter gases durante o forneamento, peso específico e volume dos biscoitos.

Tabela 13. Avaliação de expansão para as amostras de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais

Hierarquia das amostras			Propriedades de expansão (cm ³ /g)			
Região	Cidade	Fábrica	Método prático		Método instrumental	
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	1	5,90	± 0,91	10,86	± 0,45
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	3	10,21	± 1,33	10,92	± 0,70
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	4	7,77	± 0,31	11,67	± 0,78
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	5	4,03	± 0,76	11,89	± 1,09
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	6	3,33	± 0,22	12,76	± 0,54
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	7	8,14	± 0,46	12,09	± 1,02
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	11	6,91	± 0,76	12,50	± 0,54
Sul Mineira	Conceição dos Ouros	12	9,05	± 0,61	13,09	± 0,79
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	2	5,03	± 2,00	10,93	± 1,13
Sul Mineira	Cachoeira de Minas	10	4,83	± 0,47	9,68	± 0,76
Centro-Oeste	Formiga	8	9,91	± 0,30	11,48	± 1,62
Centro-Oeste	Divinópolis	9	6,08	± 0,68	9,54	± 0,70
Média geral*			6,77 ⁽¹⁾		11,45 ⁽¹⁾	
Média para a região Sul Mineira			6,52		11,64	
Média para a região Centro-Oeste			8,00		10,51	

* Valores médios estimados a partir dos dados individuais.

(1) Valores de F significativos a 5 % de probabilidade pela Análise de Variância Aninhada, para efeito de fábricas (sub-subgrupos).

ASCHERI e VILELA (1995) concluíram que alterações físico-químicas e reológicas, no polvilho azedo, podem gerar mudanças desejáveis na fabricação de biscoitos, observadas pelo aumento de expansão e diminuição de densidade, até o 30º dia de fermentação. Nas Figuras 16 e 17, é apresentada a relação entre comportamento de expansão e a acidez das amostras, para cada um dos métodos utilizados. A Figura 16 sugere que a acidez pode influenciar a capacidade de expansão, obtida por meio do método prático, embora o R² seja muito baixo para mostrar, estatisticamente, esta relação. De fato, os dados de expansão obtidos pelo método instrumental (Figura 17) não confirmam esta tendência.

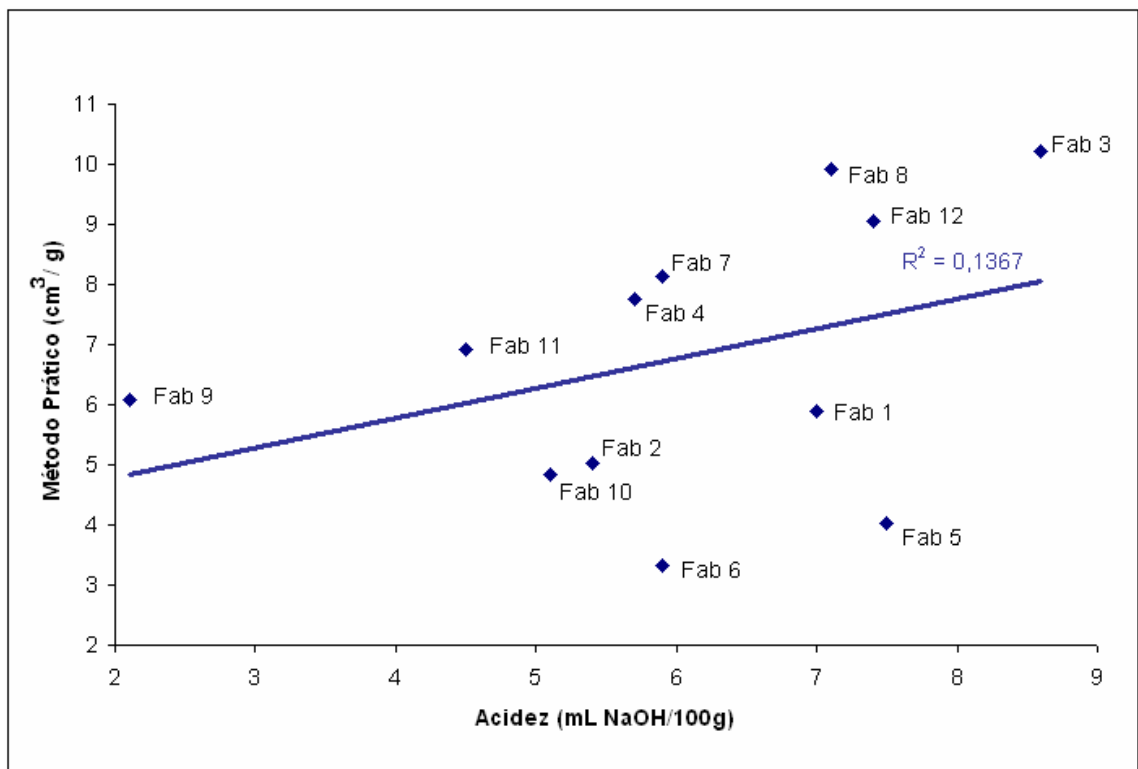


Figura 16. Influência da acidez na propriedade de expansão do polvilho azedo pelo método prático.

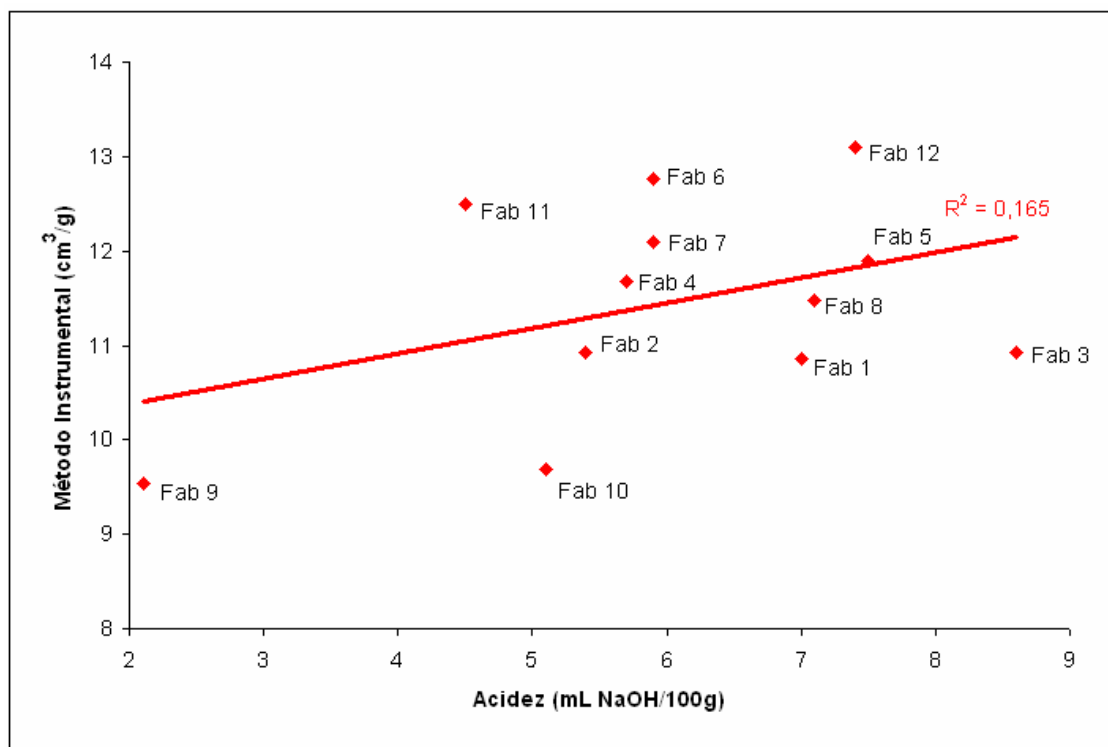


Figura 17. Influência da acidez na propriedade de expansão do polvilho azedo pelo método instrumental.

A comparação entre os métodos utilizados para a análise de expansão (Figura 15) evidencia o risco da adoção do método prático como método de referência. O Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) vem, desde 1997, revisando as Normas de Identidade de amiláceos de mandioca, com a perspectiva de incluir a expansão como critério de identificação de polvilhos. O método instrumental fornece resultado mais preciso e exato, entretanto, requer equipamento específico para a análise de farinha de trigo. O resultado deste experimento reforça a necessidade de desenvolver uma metodologia mais adequada para a análise de expansão, que possa ser empregada pelos órgãos oficiais, como método de referência.

Neste estudo, todas as amostras fermentaram por mais de 30 dias, mas a acidez do produto não foi proporcional ao tempo de fermentação. Embora muitos estudos relacionem a acidez à expansão de biscoito (BERTOLINI et al., 2001; CARDENAS & DE CURVATURA, 1980 citado por VATANASUCHART et al., 2005; VATANASUCHART et al., 2005; BERTOLINI, et al., 2000), os resultados do presente estudo revelam que não há um efeito direto entre esses fatores, explicando, em parte, o insucesso da acidificação artificial para a produção de polvilho azedo.

4.4. Análise de agrupamento

Para quase todos os resultados do perfil reológico e tecnológico do polvilho azedo produzido no Estado de Minas Gerais, procurou-se relacionar as etapas da fabricação e condições ambientais que influenciaram os resultados obtidos. Utilizando a Análise de Agrupamento, formaram-se grupos entre as 12 fábricas avaliadas a partir das análises realizadas, que apresentaram significância na Análise de Variância Aninhada para os sub-subgrupos (fábricas). Para facilitar a análise dos dados, optou-se por utilizar, no agrupamento, aqueles que mais parecem influenciar as características tecnológicas do polvilho azedo. Assim, foi elaborado o dendograma apresentado na Figura 18, utilizando-se as variáveis apresentadas na Tabela 14. Esta Tabela mostra, ainda, a contribuição de cada variável para a formação do dendograma.

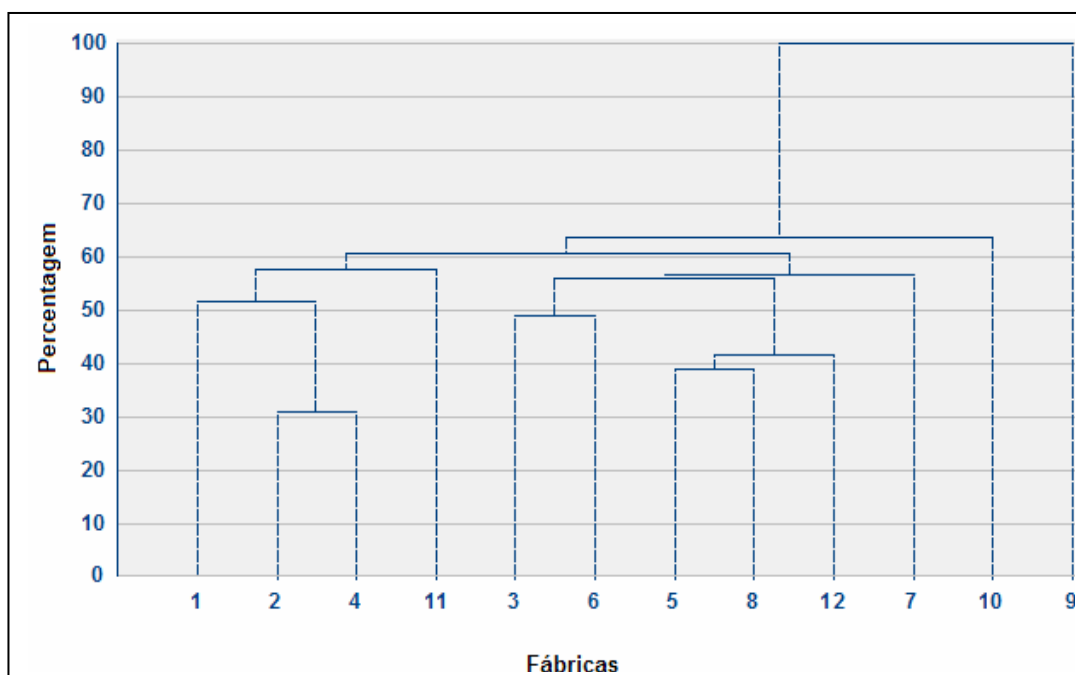


Figura 18. Grupos formados pelas fábricas de polvilho azedo das diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, a partir da Análise de Agrupamento.

Tabela 14. Variáveis e respectivas contribuições utilizadas na elaboração do dendrograma

Variáveis	Contribuição (%)
Umidade (%)	9,09
Teor de amido (%)	3,03
Acidez titulável (mL de NaOH/100g)	9,09
pH	3,03
Poder de inchamento a 30°C (g/g)	12,01
Poder de inchamento a 90°C (g/g)	6,06
Viscosidade máxima (RVU)	0,09
BreakDown (RVU)	10,6
SetBack (RVU)	3,03
ΔH (J /g ms)	4,55
ΔT (°C)	16,7
Sinérese acumulada (g)	10,6
Força máxima (g)	6,06
Expansão: método listrumental (cm ³ /g)	6,06

Na avaliação de um dendograma, a escala vertical à esquerda indica o nível de similaridade, em porcentagem, enquanto, no eixo horizontal, são marcados os tratamentos (fábricas). Portanto, quanto menor a altura do eixo vertical, mais semelhantes serão os tratamentos considerados. Observando o dendograma formado, nota-se que existem quatro grandes saltos, sugerindo que a análise permitiu a separação das fábricas das duas regiões, em estudo, em quatro grupos homogêneos (em níveis de similaridade de 100 %). O grupo 1 é formado, exclusivamente, pela fábrica 9 da cidade de Divinópolis, região Centro-Oeste do Estado. Durante toda a pesquisa, as amostras desta fábrica apresentaram resultados divergentes das demais, em todas as avaliações. Como ela apresenta um salto de relação a 100 % de distância euclidiana, sugere-se que esta fábrica apresenta características singulares não podendo ser comparada às demais fábricas. Esta diferença é, facilmente, explicada pelo processamento. Nesta fábrica, não se processa raiz de mandioca, mas a fécula é obtida do Estado do Paraná, sendo apenas fermentada na empresa. As características de obtenção de fécula, em termos de processamento, garantem produto mais puro, dado este confirmado para esta amostra, pelas análises físico-químicas realizadas.

O grupo 2 é composto pela fábrica 10, que apresentou amostras com os maiores resultados para análises do teor de amido, poder de inchamento a 30°C e perda acumulada de água na sinérese, porém os menores resultados nas avaliações de SetBack e expansão pelo Método Instrumental. O grupo 3 está subdividido em três subgrupos, de acordo com os perfis de similaridade gerados com distância euclidiana inferior a 60 %: o primeiro subgrupo, formado pela fábrica 7; o segundo subgrupo, formado pelas fábricas 5, 8 e 12; e o terceiro subgrupo, formado pelas fábricas 3 e 6. O grupo 4, elaborado por outras três subdivisões, inclui a fábrica 11 no primeiro subgrupo, as fábricas 2 e 4 no segundo subgrupo e a fábrica 1 formando o terceiro subgrupo.

Dentre as variáveis utilizadas na elaboração do dendograma, a análise de viscosidade máxima (realizada em RVA) teve a menor contribuição entre as demais avaliações (Tabela 14), ou seja, a viscosidade máxima das amostras apresentou, dentre os grupos formados, um alto desvio para as médias do grupo, excluindo participação significativa na formação do grupo. Observa-se, ainda, que as variáveis acidez titulável, poder de inchamento a 30°C,

breakdown, variação de temperatura para a gelatinização (ΔT) e sinérese acumulada foram as que mais contribuíram para a formação dos grupos.

A Tabela 15 apresenta as médias, obtidas por grupo das variáveis utilizadas na elaboração do dendograma. Estas médias facilitam a interpretação dos grupos, obtidos para indicação de produtos a serem elaborados a partir da matéria prima. Os polvilhos pertencentes aos grupos 1 e 3 parecem mais indicados para fabricação de massas congeladas, pois, apresentam os menores valores de sinérese acumulada, respectivas as demais características observadas. Esses grupos apresentaram os maiores valores para absorção de água a 90°C, viscosidade máxima a quente e a menor resistência à agitação mecânica, de modo que podem ser direcionados para fabricação de biscoitos e produtos panificados, pois, apresentam boa expansão. O grupo 3 destaca-se por apresentar géis menos rígidos, podendo ser mais indicado para utilização em embutidos, como agente ligante.

Tabela 15. Médias obtidas por grupo das variáveis utilizadas para elaboração do dendograma

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Variáveis	9	10	3, 5, 6, 8, 7, 12	1, 2, 4, 11
Umidade (%)	12,90	13,34	13,72	14,51
Teor de amido (%)	92,61	97,89	93,28	90,99
Acidez titulável (mL NaOH/100 g)	2,10	5,10	7,07	5,65
pH	4,83	4,12	4,22	4,16
Poder de inchamento a 30°C (g/g)	1,89	2,14	2,01	1,97
Poder de inchamento a 90°C (g/g)	5,54	5,10	5,66	4,65
Viscosidade máxima (RVU)	138,75	94,67	121,33	92,17
BreakDown (RVU)	95,08	85,00	99,35	80,65
SetBack (RVU)	24,17	2,83	8,97	4,04
ΔH (J /g)	15,44	16,68	13,11	14,06
ΔT (°C)	15,73	14,82	12,53	14,39
Sinérese acumulada (g)	73,17	87,91	65,71	74,29
Força máxima (g)	105,73	92,03	78,08	102,75
Expansão: método instrumental (cm ³ /g)	10,86	8,59	10,58	11,08

Os polvilhos que compõem os grupos 2 e 4 apresentaram as menores viscosidades máximas e as maiores resistências à agitação mecânica, sendo indicados para processos em linhas tubulares ou processamentos que necessitam de elevadas temperaturas e agitações. Por apresentarem maiores sinérese acumuladas, são poucos indicados para fabricação de massas congeladas, a não ser que seja adicionado algum tipo de amido modificado para auxiliar a retenção de água.

5. CONCLUSÕES

Segundo as condições experimentais observadas e os resultados obtidos, podem ser estabelecidas as seguintes conclusões:

- Dentro da hierarquia proposta para análise de tratamento dos dados, as avaliações físico-químicas, propriedades tecnológicas e propriedades reológicas dos polvilhos azedos demonstraram que o fator fábrica (sub-subgrupos) foi o que mais influenciou as análises estatísticas dos resultados deste experimento.

- A partir das informações obtidas durante a visita técnica, pode-se concluir que os fatores ambientais de precipitação pluvial, temperatura média ambiente e radiação ultravioleta não influenciaram as características tecnológicas.

- Com relação ao processamento, as etapas de purificação, fermentação e secagem foram cruciais no estabelecimento das características físico-químicas dos polvilhos. Entre estas etapas, a pureza do amido e a modificação resultante da fermentação foram os principais responsáveis nos testes significativos das Análises de Variância Aninhada entre as fábricas. Uma amostra da fábrica 9, obtida a partir da fécula adquirida no Estado do Paraná, exibiu características físico-químicas, reológicas e tecnológicas notoriamente diferentes das demais, reforçando a importância do processamento.

- Contrário aos dados consensuais de literatura, não houve, relação direta entre o tempo de fermentação e a acidez titulável das amostras. A acidez total foi, essencialmente, resultante da produção de ácidos lácticos durante a

fermentação, influenciando as variações de entalpia e temperatura de gelatinização, evidenciando seu efeito na estrutura granular do amido.

– O teor de ácido láctico teve influência marcante nas propriedades e pasta, mas a acidez não foi determinante no estabelecimento da capacidade de expansão do polvilho azedo, nas condições experimentais desta pesquisa.

– A partir da Análise de Agrupamento, pelo método do vizinho mais próximo, foi possível a formação de 4 grupos de amostras, dentro dos quais os polvilhos apresentavam similaridade com distância euclidiana de até 60 %, baseado, principalmente, nos parâmetros: acidez titulável, breakdown, variação de temperatura de gelatinização (ΔT) e sinérese acumulada. O grupo 1 foi formado, exclusivamente, pela amostra 9 com 100 % de dissimilaridade, e reforça que variações nas etapas de processamento são as principais determinantes das características do produto obtido.

– Os resultados sugerem que os grupos 1 e 3 são mais indicados para utilização em massas congeladas, sendo que o grupo 3 pode ser também indicado como coadjuvante na produção de embutidos, enquanto os grupos 2 e 4 são mais indicados para os processamentos, que necessitam de temperaturas elevadas e agitação vigorosa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMANTE, E.R. Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de batata-doce (*Ipomoema batatas*) 1986. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis. 14. ed. Arlington: 1984. 1141p.

ASAOKA, M.; BLANSHARD, J.M.V.; RICKARD, J.E. Effects of Cultivar and Growth Season on the Gelatinisation Properties of Cassava (*Manihot esculenta*) Starch. Journal of Science of Food and Agricultural, n.59, p.53-58, 1992.

ASQUIERI, E.R. Efeito da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) de três cultivares colhidas em diferentes épocas 1990. 109p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais.

ASCHERI, D.P.R. Acompanhamento do processo fermentativo através Das características do polvilho e dos biscoitos elaborados. 1992. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais.

ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do Polvilho de Mandioca pela Fermentação, no Fabrico de Biscoitos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, n. 2, p. 269-279, fev. 1995.

BERTOLINI, A.C.; MESTRES, C.; COLONNA, P.; RAFFI, J. Free Radical Formation in UV - and gamma – Irradiated Cassava Starch. Carbohydrate Polymers, v.44, p.269-271, 2001a.

BERTOLINI, A.C.; MESTRES, C.; RAFFI, J.; BULÉON, A.; LERNER, D.; COLONNA, P. Photodegradation of Cassava and Corn Starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.49, p.675-682, 2001b.

BERTOLINI, A.C.; CREAMER, L.K.; EPPINK, M.; BOLAND, M. Some Rheological Properties of Sodium Caseinate-Starch Gels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, p.2248-2254, 2005.

BRASIL. Leis, decretos, etc. - Resolução nº 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 24 jul. 1978.

CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEON, A.; MOLARD, D.R. Functional Properties of Sour Cassava (*Manihot utilissima*) Starch: Polvilho Azedo. *Journal of Science of Food and Agricultural*, n. 45, p. 273-289, 1988.

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. Sour Cassava Starch Production: A preliminary Study. *Journal of Food Science*, vol. 45, p. 1509-1512, 1980.

CARDOSO, C.E.; SOUZA, J.S. Aspectos agroeconômicos da cultura da mandioca: potencialidades e limitações, 1.ed. Cruz das Almas: EMBRAPA, 1999. p.10-15.

CARVALHO, V.D.; CHAGAS, S.J.R.; BOTREL, N. Produtividade e qualidade de raízes em diferentes épocas de colheita de variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v.12., n.1/2, p.49-58, 1993.

CEREDA, M.P. Determinação da Viscosidade em Fécula Fermentada de Mandioca (Polvilho Azedo). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.17, n.1, p.15-24, 1983a.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). I - Formulação e preparo de biscoitos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.17, n.3, p.287-95, 1983b.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). II – Ensaios de Absorção de Água. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.17, n.3, p.297-304, 1983c.

CEREDA, M.P. A valiação da qualidade de duas amostras de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Boletim Sociedade Brasileira Ciência Tecnologia de Alimentos*, v.17 n.3, p.305-320, 1983d.

CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.63-68, 1987.

CEREDA, M.P. Legislação sobre amido. FUNDAÇÃO CARGILL, *Propriedades Gerais do Amido*, mar. 2002a. Disponível em: <<http://www.raizes-ong.org.br>> Acessado em 06 set. 2004.

CEREDA, M.P. *Propriedades Gerais do amido*. FUNDAÇÃO CARGILL, *Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas*, mar.2002b. Disponível em: <<http://www.raizes-ong.org.br>> Acessado em 06 set. 2004.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. Polvilho Azedo, critérios de qualidade para uso em produtos alimentares. FUNDAÇÃO CARGILL, *Culturas de Tuberosas*

Amiláceas Latino Americanas, mar.2002. Disponível em:<<http://www.raizes-ong.org.br>> Acessado em 06 set. 2004.

CEREDA, M.P.; DAIUTO, E.R.; VILPOUX, O. Metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas, dez. 2004. Disponível em: <www.abam.com.br/revista/revista8/metodologia.php> Acessado em 12 jul. 2005.

CHARLES, A.L.; CHANG, Y.H.; KO, W.C.; SRIROTH, K.; HUANG, T.C. Influence of Amylopectin Structure and Amylose Content n the Gelling Properties of Five Cultivars of Cassava Satrchs. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.53, p.2717-2725, 2005.

CHATAKANONDA, P.; CHINACHOT, P.; SRIROTH, K.; PIYACHOMKWAN, K.; CHOTINEERANAT, S.; TANG, H.,;HILLS, B. The influence of conditions of harvest on the functional behaviour of cassava starch-a proton NMR relaxation study. Carbohydrates Polymers, v.53, p.233-240, 2003.

CONCEIÇÃO, A.J. A mandioca. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1981. 382p.

CRUZ, R.; RIBEIRA, H.H.P. Fabricação de amido de mandioca. Perfis Agroindustriais, Brasília, v.8, 12-15, 1995.

DEMIATE, I.M.; SANGER, S.A.; VOGLER, Z.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Características de Qualidade de Amostras de Polvilho Azedo Produzido ou Comercializado no Estado do Paraná. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v .40, n.2, p.321-30, 1997a.

DEMIATE, I.M.; DE SOUZA, T.O.; PUGESLEY, S.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Carcaterísticas de qualidade de amostras de polvilho azedo. Parte 2 – Santa Catarina. Agropecuária Catarinense, v.10, n.4, p.51-56, dez., 1997b

DEMIATE, I.M.; DE SOUZA, T.O.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; CEREDA, M.P. Carcaterísticas de qualidade de amostras de polvilho azedo. Parte 3 – Rio Grande do Sul. Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra:4 (1), p.97-112, 1998.

DEFFENBAUGH, L.B.; WALKER, C.E. Comparasion of Starch Pasting Properties in the Brabender Viscoamylograph and the Rapid Visco-Analyzer. Cereal Chemistry, jun 1989, vol.66, nº 6, p.493-499.

DEMIATE, I.M.; BARANA, A.C.; CEREDA, M.P. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Jan 1999, vol.19, no.1, p.131-135.

EMBRAPA. Cultura da Mandioca. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. Disponível em: < <http://www.cnpmf.embrapa.br/mandioca.htm#topo> > Acessado em 08 out. 2004.

FERNANDES, F.G.; SANTOS, J.F.; FILHO, J.B. Utilização da mandioca para a alimentação humana e animal, 1.ed. Paraíba: EMEPA, 2002, p.11-15.

FUKUOKA, M.; OHTA, K.I.; WATANABE, H. Determination of the Terminal Extent of Starch Gelatinization in a Limited Water System by DSC. *Journal of Food Engineering*, v. 53, p.39-42, 2002.

GOMES, A.M.M.; DA SILVA, C.E.M.; NAGILA, R.M.S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo), *Carbohydrate polymers*, v.60, p.1-6, 2005.

INSTITUTO CEPA/SC. Fatores que afetam a competitividade das farinheiras e polvilheiras na agricultura familiar Catarinense, 1.ed. Santa Catarina: Projeto Observatório do Agronegócio, p.16-70. jan.2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_amapa/importancia.htm>. Acessado em: 10 set. 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, SP: Secretaria de Estado da Saúde, 1976. v.1, 371p.

INPE. Satélites Meteorológicos. Radiação Ultravioleta, Camada de Ozônio e Saúde Humana. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/>> Acessado em 25 out. 2005.

KARLSSON, M.E.; ELIASSON, A.C. Gelatinization and Retrogradation of Potato (*Solanum tuberosum*) Starch in Situ as Assessed by Differential Scanning Calorimetry (DSC). *Swiss Society of Food Science and Technology*, v.36, p.735-741, 2003.

LACERDA, I.C.A.; MIRANDA, R.L.; BORELLI, B.M.; NUNES, A.C.; NARDI, M.D.; LACHANCE, M.A.; ROSA, C.A. Lactic Acid Bacteria and Yeasts Associated with Spontaneous Fermentations During the Production of Sour Cassava Starch in Brazil. *International Journal of Food Microbiology*, n xx, abril, 2005.

LEONEL-NETO, M. Influência da idade de colheita e espaçamento sobre algumas características de duas cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). 1983. 57p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.

LI, J.Y.; YEH, A.I. Relationships Between Thermal, Rheological Characteristics and Swelling Power for Various Starches. *Journal of Food Engineering*, v.50, p.141-148, 2001.

LIU, H.; RAMSDEN, L.; CORKE, H. Physical properties and enzymatic digestibility of hydroxypropylated ae, wx and normal maize starch. *Carbohydrate polymers*, v.40, 175-182, 1999.

LORENZI, J.O.; DIAS, C.A.C. Cultura da mandioca. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, 1993. 41p. (Boletim Técnico, 211).

MAEDA, K.C. Proposta de classificação para o polvilho azedo. 1999. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MAEDA, K.C.; CEREDA, M.P. Avaliação de Duas Metodologias de Expansão ao Forno do Polvilho Azedo, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, maio-agosto 2001, vol.21, n.2, p.139-143.

MARQUES, L.A. Isolamento e caracterização do amido do caule do abacaxizeiro. 1989. 127p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais.

MATTOS, P.L.P.; CARDOSO, E.M.R. Mercado e comercialização. Cultivo da Mandioca para o Estado do Pará, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, jan.2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/importancia.htm>. Acessado em: 08 set. 2004.

MESTRES, C.; ROUAU, X. Influence of natural fermentation and drying conditions on the physicochemical characteristics of cassava starch, *Journal of science of food agricultural*, v. 74, p. 147-155, 1997.

MOORTHY, S.N.; WENHAM, J.E.; BLANSHARD, J.M.V. Effect of solvent extraction on the gelatinization properties of flour and starch of five cassava varieties, *Journal of science of food agricultural*, v. 72, p.329-336, 1996.

NOBRE, A. Tecnologia dos produtos tradicionais da mandioca, 1.ed. Cruz das Almas: EMBRAPA, 1976. p.74-85.

NOWOTNA, A.; GAMBUŚ, H.; PRAZNIK, W.; PUZIA, R.; ZIOBRO R. Characteristics of soluble and insoluble fractions of gels prepared from starches of various botanical origin segregated according to granule size, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology*, Volume 3, Issue1, 2000. Disponível em< <http://www.ejpau.media.pl/series/volume3/issue1/food/art-02.html>> Acessado em 19 de janeiro de 2005.

PEREIRA, J. Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo. 2001. 222p. Dissertação (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

PEREIRA, R.G.F.A. Avaliação da qualidade do polvilho durante a fermentação em diferentes meios, com e sem adição de inóculos. Lavras: UFLA, 1994. 86p. (Tese de Mestrado em Ciência dos Alimentos).

PLATA-0VIEDO, M.; CAMARGO, C. Effect of acid treatments and drying processes on physico-chemical and functional properties of cassava starch. *Journal of science of food agricultural*, v.77, p.103-108, 1998.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Análises Estatísticas no SAEG. Universidade Federal de Viçosa, UFV, p.241-256, 2001.

RIVERA, H.H.P. Fermentação de amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz): Avaliação e caracterização do polvilho azedo. Viçosa, 1997. 131p. (Tese de Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIDIGA, M.C.G.; MAIA, R R.; Kvitschal, M. V. Efeito da época de colheita no

crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca, *Bragantia*, Campinas, v.59, n.1, p.69-75, 2000.

SANTISOPASRI, V.; KUROTJANAWONG, K.; CHOTINEERANAT, S.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K.; OATES, C.G. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. *Industrial Crops and Products an International Journal*, v. 13, p.115-129, 2001.

SARMENTO, S.B.S. Caracterização da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) no período de colheita de cultivares de uso industrial. 1997. 162p. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo.

SILVA, S.A.; CONCEIÇÃO, M.M.; SOUZA, A.G.; MACÊDO, R.O. Calorimetric and Kinetic Parameters of Manioc Derivatives. *Thermochimica Acta*, v.328, p.177-181, 1999.

SILVEIRA, I.A. Isolamento, caracterização e diversidade de bactérias envolvidas na fermentação natural do polvilho azedo. Lavras : UFLA, 2001. 132 p. (Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos).

SILVEIRA, I.A.P.; CARVALHO, E.P.; PÁDUA, I.P.M.; DIONÍZIO, F.L.; MARQUES, S.C. Isolamento e Caracterização da Microbiota Ácido-Lática Envolvida no Processo Fermentativo para Produção do Polvilho Azedo. *Revista Científica do UNILAVRAS*, ano 2, n.2, p.7-15, jan/jun 2003.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. Numerical taxonomy: The principals and practice of numerical classi. cation. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 340p.1973.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. Biometry – The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. State University of New York at Stony Brook, p.271-321, 1981.

SRIROTH, K.; SANTISOPASRI, V.; PETCHALANUWAT, C.; KUROTJANAWONG, K.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C.G. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrates Polymers*, Amsterdam, v.38, p.161-170, 1999.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; DOUBLIER, J.L. Rheology of starch Pastes from Starches of Different Origins: Applications to Starch-based Sauces. *Swiss Society of Food Science and Thecnology*, v.31, p.354-360, 1998.

TORMENA, C.A.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONÇALVES, A.C.A.; ARAÚJO, M.A.; PINTRO J.C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.65-71, 2004.

VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. *Carbohydrate Polymers*, v.61, p.80-87, 2005.

VILELA, E.R. A cultura da mandioca no Brasil e no mundo, 2.ed. Lavras: DCA/ESAL, 1989. p. anexo 1-16.

WRIGLEY, C.W.; BOTHH, R.I.; BASON, M.L.; WALKER, C.E. Rapid Visco Analyser: Progress from Concept to Adoption. Cereal Foods World, jan, vol. 41, nº1, p.6-11, 1996.

YU, L.; CHRISTIE, G. Measurement of Starch Thermal Transition Using Differential Scanning Calorimetry. Carbohydrate Polymers, v.46, p.179-184, 2001.

ZAMBONI, C.Q.; ALVES, H.I.; RODRIGUES, R.M.M.S.; SPITERI, N.; ATUI, M.B.; SANTOS, M.C. Sujidades e fraudes em amidos e fécula. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba, v.9, n.1, p.1-8, 1991.

ZAPATA, L.E.; MARTINEZ, A.; PARADA, J.L. Aspectos microbiológicos del proceso fermentativo del almidón de yuca. In: Taller Avances sobre almidón de yuca, CiatCali, 1991. disponível em: <<http://www.unilavras.edu.br/revista/revistaN2>> acessado em 15 de fevereiro de 2005.

APÊNDICE

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: ACIDEZ TITULÁVEL

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.949905	0.027140	0.043801	100.0000
REG	1	0.154528	0.154528	-0.006159	0.0000
CID	2	0.456325	0.228163	0.030106	68.7330
FAB	8	0.307963	0.038495	0.012400	28.3098
ERRO	24	0.031088	0.001295	0.001295	2.9573
Média		0.59716667			
Desvio Padrão		0.10609343			

ANÁLISE CENTESIMAS:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: TEOR DE UMIDADE

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	17.036907	0.486769	0.677537	100.0000
REG	1	2.622176	2.622176	0.190150	28.0649
CID	2	1.385952	0.692976	-0.069256	0.0000
FAB	8	9.034327	1.129291	0.320952	47.3704
ERRO	24	3.994450	0.166435	0.166435	24.5648
Média		13.88018648			
Desvio Padrão		0.36746880			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: TEOR DE LIPIDÍDEOS

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.029622	0.000846	0.001101	100.0000
REG	1	0.004302	0.004302	0.000339	30.8393
CID	2	0.001807	0.000904	-0.00010896	0.0000
FAB	8	0.007779	0.000972	0.000106	9.5962
ERRO	24	0.015733	0.000656	0.000656	59.5645
Média		0.24777778			
Desvio Padrão		0.01633538			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: TEOR DE PROTEÍNAS

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.156800	0.004480	0.004963	100.0000
REG	1	0.004500	0.004500	-0.000241	0.0000
CID	2	0.013417	0.006708	-0.000514	0.0000
FAB	8	0.079550	0.009944	0.002491	50.1842
ERRO	24	0.059333	0.002472	0.002472	49.8158
Média		0.22666667			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: TEOR DE CINZAS

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	514.277356	14.693639	16.674506	100.0000
REG	1	4.730402	4.730402	0.345315	2.0709
CID	2	0.070924	0.035462	-3.104484	0.0000
FAB	8	156.749696	19.593712	1.632260	9.7890
ERRO	24	352.726333	14.696931	14.696931	88.1401
Média		0.25888889			
Desvio Padrão					

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: TEOR DE AMIDO (BASE ÚMIDA)

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	496.120856	14.174882	20.142770	100.0000
REG	1	83.286409	83.286409	5.808187	28.8351
CID	2	48.677884	24.338942	-2.163995	0.0000
FAB	8	303.776896	37.972112	11.818764	58.6750
ERRO	24	60.379667	2.515819	2.515819	12.4899
Média		83.61388889			
Desvio Padrão		2.04881439			

AVALIAÇÃO DE CORES:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: *L**

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	41.814364	1.194696	1.692439	100.0000
REG	1	9.054094	9.054094	0.501097	29.6080
CID	2	8.227070	4.113535	0.176016	10.4001
FAB	8	24.037067	3.004633	0.994654	58.7704
ERRO	24	0.496133	0.020672	0.020672	1.2214
Média		93.83194444			
Desvio Padrão		0.72864840			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: *a**

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	6.631275	0.189465	0.385357	100.0000
REG	1	2.835045	2.835045	0.204621	53.0990
CID	2	1.655780	0.827890	0.097639	25.3372
FAB	8	1.702117	0.212765	0.064834	16.8243
ERRO	24	0.438333	0.018264	0.018264	4.7395
Média		0.32250000			
Desvio Padrão		0.44850349			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: *b**

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	33.676231	0.962178	2.228019	100.0000
REG	1	18.094361	18.094361	1.443465	64.7870
CID	2	7.687870	3.843935	0.460572	20.6718
FAB	8	7.538667	0.942333	0.309176	13.8767
ERRO	24	0.355333	0.014806	0.014806	0.6645
Média		4.72361111			
Desvio Padrão		1.13691150			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: *CROMA*

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	32.122622	0.917789	2.093334	100.0000
REG	1	16.952542	16.952542	1.376834	65.7723
CID	2	6.661880	3.330940	0.366854	17.5249
FAB	8	8.158067	1.019758	0.335056	16.0059
ERRO	24	0.350133	0.014589	0.014589	0.6969
Média		4.75777778			
Desvio Padrão		1.09591922			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: *HUE*

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	19.665964	0.561885	1.222001	100.0000
REG	1	8.637361	8.637361	0.350345	28.6698
CID	2	10.963220	5.481610	0.869240	71.1325
FAB	8	0.043183	0.005398	0.001491	0.1220
ERRO	24	0.022200	0.000925	0.000925	0.0757
Média		1.26694444			
Desvio Padrão		0.82202425			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: *GRAU DE BRANCURA*

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	67.191031	1.919744	3.429151	100.0000
REG	1	23.508347	23.508347	1.690301	49.2921
CID	2	13.604150	6.802075	0.491833	14.3427
FAB	8	29.628200	3.703525	1.228254	35.8180
ERRO	24	0.450333	0.018764	0.018764	0.5472
Média		92.23638889			
Desvio Padrão		1.25009358			

ANÁLISE EM DSC:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: To

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	240.545764	6.872736	7.839011	100.0000
REG	1	8.402401	8.402401	-0.853155	0.0000
CID	2	33.336980	16.668490	-0.663653	0.0000
FAB	8	166.796050	20.849506	6.505247	82.9856
ERRO	24	32.010333	1.333764	1.333764	17.0144
Média		61.38194444			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: Tp

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	123.971256	3.542036	6.228027	100.0000
REG	1	0.851469	0.851469	-2.768095	0.0000
CID	2	60.101003	30.050502	3.795203	60.9375
FAB	8	49.125783	6.140723	1.853949	29.7678
ERRO	24	13.893000	0.578875	0.578875	9.2947
Média		70.49388889			
Desvio Padrão		0.12761714			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: Tc

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	154.570431	4.416298	5.924786	100.0000
REG	1	0.897467	0.897467	-1.919221	0.0000
CID	2	41.520047	20.760023	1.675859	28.2856
FAB	8	81.616917	10.202115	2.976594	50.2397
ERRO	24	30.536000	1.272333	1.272333	21.4748
Média		75.30138889			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: ΔT

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	247.469989	7.070571	14.100918	100.0000
REG	1	3.807736	3.807736	-6.582526	0.0000
CID	2	147.866320	73.933160	10.750416	76.2391
FAB	8	49.644333	6.205542	1.427519	10.1236
ERRO	24	46.151600	1.922983	1.922983	13.6373
Média		13.91944444			
Desvio Padrão		0.80263703			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: ΔH

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	201.120964	5.746313	9.130575	100.0000
REG	1	36.675347	36.675347	3.366213	36.8675
CID	2	4.811838	2.405919	-1.518237	0.0000
FAB	8	95.766513	11.970814	3.103226	33.9872
ERRO	24	63.867267	2.661136	2.661136	29.1453
Média		13.61194444			
Desvio Padrão		1.42325144			

ANÁLISE DE EXPANSÃO:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: MÉTODO PRÁTICO

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	190.307856	5.437367	6.387701	100.0000
REG	1	10.961869	10.961869	-0.921764	0.0000
CID	2	41.066070	20.533035	0.883814	13.8362
FAB	8	119.720050	14.965006	4.730559	74.0573
ERRO	24	18.559867	0.773328	0.773328	12.1065
Média		6.76611111			
Desvio Padrão		0.42380183			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: MÉTODO INSTRUMENTAL

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	58.576589	1.673617	2.332704	100.0000
REG	1	6.369442	6.369442	-0.264407	0.0000
CID	2	18.974834	9.487417	1.184756	50.7889
FAB	8	16.187646	2.023456	0.437754	18.7659
ERRO	24	17.044667	0.710194	0.710194	30.4451
Média		11.45055556			
Desvio Padrão		0.66420573			

ANÁLISE DE INDICE SOLUBILIDADE:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T30

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	67390	1925.423773	2172.910909	100.0000
REG	1	1624.682779	1624.682779	-115.503444	0.0000
CID	2	5720.592229	2860.296114	201.447227	9.2708
FAB	8	12729	1591.178587	-126.761698	0.0000
ERRO	24	47315	1971.463682	1971.463682	90.7292
Média		0.00000001			
Desvio Padrão		0.00000082			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T45

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	18712	534.620855	674.636780	100.0000
REG	1	106.614997	106.614997	-112.090098	0.0000
CID	2	2567.092494	1283.546247	140.075675	20.7631
FAB	8	3208.555931	401.069491	-44.497204	0.0000
ERRO	24	12829	534.561104	534.561104	79.2369
Média		0.020000350			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T60

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	5.334554	0.152416	0.167927	100.0000
REG	1	0.000435	0.000435	-0.005377	0.0000
CID	2	0.088653	0.044327	-0.024706	0.0000
FAB	8	1.599811	0.199976	0.016025	9.5427
ERRO	24	3.645655	0.151902	0.151902	90.4573
Média		0.16377222			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T75

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	46212	1320.332477	1442.730061	100.0000
REG	1	1581.172481	1581.172481	25.734950	1.7838
CID	2	2677.369247	1338.684624	37.154096	2.5753
FAB	8	8836.910569	1104.613821	-91.742398	0.0000
ERRO	24	33116	1379.841016	1379.841016	95.6410
Média		0.530006789			
Desvio Padrão		0.20555229			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T90

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	45991	1314.023963	1433.784222	100.0000
REG	1	1545.934287	1545.934287	23.776353	1.6583
CID	2	2644.489141	1322.244571	35.184545	2.4540
FAB	8	8804.655508	1100.581938	-91.413795	0.0000
ERRO	24	32996	1374.823324	1374.823324	95.8877
Média		-9.33044167			
Desvio Padrão		8.05277154			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: pH

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	1.418675	0.040534	0.085110	100.0000
REG	1	0.623045	0.623045	0.037874	44.4999
CID	2	0.517318	0.258659	0.035885	42.1633
FAB	8	0.260646	0.032581	0.010615	12.4719
ERRO	24	0.017667	0.000736	0.000736	0.8649
Média		4.24083333			
Desvio Padrão		0.21378210			

ANÁLISE DE PODER DE INCHAMENTO:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T30

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.102431	0.002927	0.003733	100.0000
REG	1	0.008961	0.008961	0.000518	13.8871
CID	2	0.007070	0.003535	-0.000603	0.0000
FAB	8	0.058667	0.007333	0.002059	55.1599
ERRO	24	0.027733	0.001156	0.001156	30.9530
Média		1.81861111			
Desvio Padrão		0.01688344			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T45

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	2.904200	0.082977	0.098706	100.0000
REG	1	0.103680	0.103680	0.009055	9.1739
CID	2	0.013120	0.006560	-0.016420	0.0000
FAB	8	0.880067	0.110008	0.010179	10.3121
ERRO	24	1.907333	0.079472	0.079472	80.5140
Média		2.04333333			
Desvio Padrão		0.04016863			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T60

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	772.833897	22.080968	30.720362	100.0000
REG	1	17.304201	17.304201	0.976259	3.1779
CID	2	15.466680	7.733340	0.479330	1.5603
FAB	8	37.708483	4.713560	-8.183737	0.0000
ERRO	24	702.354533	29.264772	29.264772	95.2618
Média		12.0402777			
Desvio Padrão		1.03393232			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T75

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	245.398364	7.011382	8.382378	100.0000
REG	1	23.292014	23.292014	-0.080546	0.0000
CID	2	50.364900	25.182450	2.712442	32.3589
FAB	8	64.752517	8.094065	1.212064	14.4597
ERRO	24	106.988933	4.457872	4.457872	53.1815
Média		13.73694444			
Desvio Padrão		1.21869247			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: T90

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	16.704075	0.477259	0.661930	100.0000
REG	1	1.315845	1.315845	0.101225	15.2924
CID	2	0.469817	0.234909	-0.171720	0.0000
FAB	8	10.533946	1.316743	0.378019	57.1086
ERRO	24	4.384467	0.182686	0.182686	27.5990
Média		5.26750000			
Desvio Padrão		0.16188929			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: PONTOS PRETOS

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	14827	423.625397	532.169626	100.0000
REG	1	1206.422222	1206.422222	35.560251	6.6821
CID	2	1617.841667	808.920833	-104.747189	0.0000
FAB	8	11751	1468.828125	486.109375	91.3448
ERRO	24	252.000000	10.500000	10.500000	1.9731
Média		52.44444444			
Desvio Padrão		3.94517585			

ANÁLISE DE CURVAS DE VISCOSIDADE:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: VISCOSIDADE MÁXIMA

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	11463	327.523985	478.272364	100.0000
REG	1	2540.408269	2540.408269	105.475025	22.0533
CID	2	3076.588924	1538.294462	131.591115	27.5138
FAB	8	5674.163496	709.270437	234.032107	48.9328
ERRO	24	172.178800	7.174117	7.174117	1.5000
Média		111.10444444			
Desvio Padrão		12.64303235			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: VISCOSIDADE MÍNIMA

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	3901.753100	111.478660	253.119080	100.0000
REG	1	2045.050880	2045.050880	165.399794	65.3447
CID	2	817.904937	408.952468	44.748809	17.6790
FAB	8	1016.279750	127.034969	42.032246	16.6057
ERRO	24	22.517533	0.938231	0.938231	0.3707
Média		19.35500000			
Desvio Padrão		12.03067118			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: BREAKDOWN

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	4716.642497	134.761214	160.499874	100.0000
REG	1	26.827001	26.827001	-38.262388	0.0000
CID	2	810.072968	405.036484	-11.035992	0.0000
FAB	8	3796.505863	474.563233	157.031679	97.8391
ERRO	24	83.236667	3.468194	3.468194	2.1609
Média		91.74972222			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável VISCOSIDADE FINAL

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	9514.795764	271.851308	623.470272	100.0000
REG	1	5037.878627	5037.878627	399.064644	64.0070
CID	2	2198.410658	1099.205329	129.932852	20.8403
FAB	8	2245.026879	280.628360	93.077792	14.9290
ERRO	24	33.479600	1.394983	1.394983	0.2237
Média		27.42305556			
Desvio Padrão		18.95179119			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: SETBACK

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	1265.094400	36.145554	83.014246	100.0000
REG	1	663.091280	663.091280	49.749002	59.9283
CID	2	349.433074	174.716537	22.788202	27.4510
FAB	8	249.206912	31.150864	10.336911	12.4520
ERRO	24	3.363133	0.140131	0.140131	0.1688
Média		8.07000000			
Desvio Padrão		6.91901258			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	147.830000	4.223714	5.588720	100.0000
REG	1	4.704500	4.704500	-1.585638	0.0000
CID	2	42.290500	21.145250	1.460919	26.1405
FAB	8	95.531667	11.941458	3.906829	69.9056
ERRO	24	5.303333	0.220972	0.220972	3.9539
Média		71.83333333			
Desvio Padrão		0.00000000			

ANÁLISE DE SINÉRESE: DESCONGELADO NO DIA:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 1

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.616637	0.017618	0.019963	100.0000
REG	1	0.030837	0.030837	-0.002290	0.0000
CID	2	0.106651	0.053325	-0.001041	0.0000
FAB	8	0.479062	0.059883	0.019960	99.9820
ERRO	24	0.000086100	0.000003587	0.000003587	0.0180
Média		0.10282778			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 2

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.196424	0.005612	0.011021	100.0000
REG	1	0.002923	0.002923	-0.005299	0.0000
CID	2	0.118128	0.059064	0.007881	71.5076
FAB	8	0.075335	0.009417	0.003138	28.4779
ERRO	24	0.000038433	0.000001601	0.000001601	0.0145
Média		0.08263056			
Desvio Padrão		0.01629044			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 3

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.046289	0.001323	0.002170	100.0000
REG	1	0.006584	0.006584	-0.000416	0.0000
CID	2	0.022659	0.011330	0.001460	67.2796
FAB	8	0.017040	0.002130	0.000710	32.7085
ERRO	24	0.000006167	0.000000257	0.000000257	0.0118
Média		0.02527778			
Desvio Padrão		0.02164328			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 4

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	0.047549	0.001359	0.002759	100.0000
REG	1	0.017397	0.017397	0.001604	58.1381
CID	2	0.002434	0.001217	-0.000357	0.0000
FAB	8	0.027708	0.003464	0.001154	41.8465
ERRO	24	0.000010187	0.000000424	0.000000424	0.0154
Média		0.04484444			
Desvio Padrão		0.03288052			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 5

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	9.728003	0.277943	0.398803	100.0000
REG	1	0.188044	0.188044	0.006030	1.5121
CID	2	0.113045	0.056522	-0.178048	0.0000
FAB	8	9.425799	1.178225	0.392726	98.4763
ERRO	24	0.001115	0.000046450	0.000046450	0.0116
Média		0.29419167			
Desvio Padrão		0.00000000			

ANÁLISE SINÉRESE: DESCONGELADO TODOS OS DIA

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável DIA 1

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	2.391273	0.068322	0.097805	100.0000
REG	1	0.080649	0.080649	0.003765	3.8498
CID	2	0.053572	0.026786	-0.040525	0.0000
FAB	8	2.256734	0.282092	0.094026	96.1366
ERRO	24	0.000318	0.000013240	0.000013240	0.0135
Média		0.18791944			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 2

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	627.822906	17.937797	22.640369	100.0000
REG	1	8.222535	8.222535	-3.170543	0.0000
CID	2	76.065865	38.032932	-4.737581	0.0000
FAB	8	543.037531	67.879691	22.619661	99.9085
ERRO	24	0.496976	0.020707	0.020707	0.0915
Média		11.89480278			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 3

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	800.914591	22.883274	26.465921	100.0000
REG	1	16.276711	16.276711	-5.861373	0.0000
CID	2	149.179103	74.589552	-0.752229	0.0000
FAB	8	634.628762	79.328595	26.431337	99.8693
ERRO	24	0.830015	0.034584	0.034584	0.1307
Média		15.60663056			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 4

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	335.650157	9.590004	11.710663	100.0000
REG	1	1.633214	1.633214	-3.631203	0.0000
CID	2	76.695750	38.347875	1.006590	8.5955
FAB	8	256.050847	32.006356	10.651142	90.9525
ERRO	24	1.270346	0.052931	0.052931	0.4520
Média		19.93705556			
Desvio Padrão		0.00000000			

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: DIA 5

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	379.913384	10.854668	13.558808	100.0000
REG	1	43.246621	43.246621	1.695041	12.5014
CID	2	51.351874	25.675937	-1.550672	0.0000
FAB	8	283.561385	35.445173	11.790703	86.9597
ERRO	24	1.753504	0.073063	0.073063	0.5389
Média		23.45284444			
Desvio Padrão		1.20622787			

ANÁLISE DE FORÇA MÁXIMA:

Análise de Variância Aninhada (NESTED ANOVA) para Variável: FORÇA MÁXIMA

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Fontes de Componentes	Porcentagem Total
TOTAL	35	8113.616389	231.817611	287.556273	100.0000
REG	1	83.913389	83.913389	-86.532704	0.0000
CID	2	1927.711333	963.855667	36.538102	12.7064
FAB	8	5869.325000	733.665625	241.323727	83.9223
ERRO	24	232.666667	9.694444	9.694444	3.3713
Média		89.76944444			
Desvio Padrão		0.00000000			