

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE TRATAMENTOS HIDROTÉRMICOS NAS  
PROPRIEDADES VISCOGRÁFICAS E AMIDOS RESISTENTES EM  
FÉCULAS DE MANDIOCA**

**TÂNIA PRISCILA LÚCIO DA SILVA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU – SP  
Novembro – 2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE TRATAMENTOS HIDROTÉRMICOS NAS  
PROPRIEDADES VISCOGRÁFICAS E AMIDOS RESISTENTES EM  
FÉCULAS DE MANDIOCA**

**TÂNIA PRISCILA LÚCIO DA SILVA**

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Cabello

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU - SP  
Novembro – 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S586e Silva, Tânia Priscila Lúcio da, 1981-  
Efeitos de tratamentos hidrotérmicos nas propriedades viscográficas e amidos resistentes em féculas de mandioca / Tânia Priscila Lúcio da Silva. - Botucatu : [s.n.], 2008.  
xii, 82 f. : il. color., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008  
Orientador: Cláudio Cabello  
Inclui bibliografia.

1. Amido. 2. Mandioca. 3. Amido - Viscosidade. 4. Amido - Tratamento hidrotérmico. I. Cabello, Cláudio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "EFEITOS DE TRATAMENTO HIDROTÉRMICOS NAS PROPRIEDADES  
VISCOGRÁFICAS E AMIDOS RESISTENTES EM FÉCULAS DE  
MANDIOCA"

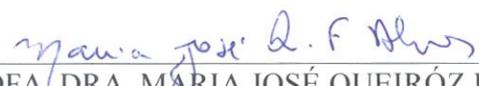
ALUNA: TÂNIA PRISCILA LÚCIO DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO CABELLO

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CLAUDIO CABELLO

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. MAGALI LEONEL

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. MARIA JOSÉ QUEIRÓZ DE FREITAS ALVES

Data da Realização: 16 de outubro de 2008.

*“Palavras não podem expressar o que sinto em meu coração....Te amo tanto Senhor e meu Deus”*

Aos meus pais Tarcísio e Wilma pelo amor, conselhos, ensinamentos e orações.

As minhas irmãs, cunhados, sobrinhos e toda minha família, pelo amor e orações.

Ao meu amado noivo Neto por todo apoio e dedicação que me deu. Dedico a vocês a minha conquista.

Aos meus sogros José Roberto e Edna pela ajuda e apoio que me deram desde o início do mestrado. À minha cunhada Michele pelas conversas e incentivos que me deu nas horas de dificuldades.

## AGRADECIMENTOS

*A Deus pelo seu imenso amor.*

Ao Prof.º Dr.º Cláudio Cabello pela orientação deste trabalho;

À Prof.ª Dr.ª Magali Leonel pela ajuda na realização das análises estatísticas;

À Prof.ª Dr.ª Marta Mischan pelas dúvidas tiradas nas análises estatísticas;

Ao Professor Sérgio Campos pela ajuda no ingresso do mestrado;

Ao Ataliba pela ajuda na formatação e diagramação do trabalho;

Ao Luiz Henrique e Priscila, funcionários do Laboratório de Análises do CERAT/UNESP, pela ajuda nos experimentos;

Ao Sérgio, técnico do Laboratório de Matérias-Primas do CERAT/UNESP, pela colheita da mandioca e extração e secagem do amido;

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado;

A todos os funcionários da pós-graduação pela atenção;

As bancas examinadora da qualificação e defesa;

As minhas amigas Ana Paula, Eloneida, Adriana e Regina pelo carinho, apoio, incentivo e amizade que dedicaram ao longo do curso;

A minha querida amiga Ana Olivia que mesmo distante sempre orou e me apoiou;

Ao meu Pastor Fábio Luiz de Araújo Cruz e sua família pelas orações e amizade;

A Flávia, minha psicóloga, que me ajudou emocionalmente e me incentivou a lutar e não desistir.

**A todos que de alguma maneira me ajudaram e contribuíram pela a realização deste trabalho.**

**Muito Obrigada!**

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	IX
LISTA DE FIGURAS .....	XI
RESUMO .....	1
SUMMARY .....	3
1. INTRODUÇÃO .....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1 Mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ) .....	8
2.2 Amido .....	10
2.3 Amidos Modificados .....	13
2.4 Modificações hidrotérmicas em amidos .....	15
2.5 Amido na Alimentação.....	18
2.6 Reologia.....	19
2.6.1 Características reológicas das pastas de amidos .....	19
2.7 Amido Resistente (AR) .....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1 Matéria-Prima .....	26
3.2 Planejamento experimental.....	27
3.3 Extração dos amidos das amostras de raízes de mandioca .....	27
3.4 Determinação do teor de umidade.....	27
3.5 Modificações hidrotérmicas.....	27
3.5.1 Modificação Hidrotérmica por Anelamento “annealing” (ANN) .....	28
3.5.2 Modificação hidrotérmica por processo de calor/umidade (HTM).....	28
3.6 Propriedade de Pasta .....	29
3.7 Concentração de Amido Resistente.....	31
3.8 Análise Estatística .....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1. Efeitos dos tratamentos hidrotérmicos .....	33
4.1.1 Efeitos do tratamento hidrotérmico anelamento .....	33

4.1.2 Efeitos do tratamento hidrotérmico calor/umidade (HTM).....	48
4.2 Efeitos nas propriedades de pasta para idade fisiológica em amidos de mandioca de duas variedades .....	61
4.3 Concentração de Amido Resistente.....	66
4.3.1 Concentração de amido resistente (AR) nos amidos in natura e submetidos aos tratamentos do tipo anelamento e calor/umidade.....	66
4.3.2 Concentração de amido resistente (AR) em relação à idade fisiológica. ....	70
5. CONCLUSÕES .....	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características da pasta de amido de mandioca. ....	20
<b>Tabela 2.</b> Quantidade de amido e água destilada utilizados na preparação das amostras para o tratamento hidrotérmico de anelamento (ANN). ....	28
<b>Tabela 3.</b> Quantidades de amido e água destilada utilizados na preparação das amostras para o tratamento hidrotérmico calor/umidade (HTM). ....	29
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de viscosidade máxima obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	34
<b>Tabela 5.</b> Valores médios de viscosidade de pasta obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	36
<b>Tabela 6.</b> Valores médios de quebra de viscosidade obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	38
<b>Tabela 7.</b> Valores médios de viscosidade final obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	40
<b>Tabela 8.</b> Valores médios de tendência de retrogração obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	42
<b>Tabela 9.</b> Valores médios de tempo de pico (min) obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	44
<b>Tabela 10.</b> Valores médios de temperatura de pastificação (°C) obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas. ....	46

<b>Tabela 11.</b> Valores médios de viscosidade máxima obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	48
<b>Tabela 12.</b> Valores médios de viscosidade de pasta obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	50
<b>Tabela 13.</b> Valores médios de quebra de viscosidade obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	52
<b>Tabela 14.</b> Valores médios de viscosidade final obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	54
<b>Tabela 15.</b> Valores médios de tendência de retrogradação obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	56
<b>Tabela 16.</b> Valores médios de tempo de pico (min) obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	57
<b>Tabela 17.</b> Valores médios de temperatura de pastificação (°C) obtidas pela análise viscosigráficas em RVA das amostras de amido <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.....	59
<b>Tabela 18.</b> Valores médios de propriedades de pasta obtidos pela análise viscosigráfica em RVA para as amostras de amidos <i>in natura</i> para as idades fisiológicas.....	62
<b>Tabela 19.</b> Temperaturas e Pluviosidades mensais no município de Botucatu-SP durante o desenvolvimento da pesquisa. ....	65
<b>Tabela 20.</b> Valores médios de amido resistente obtidos na análise em amostras de amidos <i>in natura</i> e após tratamento hidrotérmico dos tipos <i>annealing</i> realizados nos tempos de 12, 24 e 36 horas e calor/umidade nas concentrações de 18, 22 e 26%.....	67
<b>Tabela 21.</b> Valores médios de amido resistente obtidos nas análises das amostras de amidos <i>in natura</i> quanto a idade fisiológica dos amidos Fécula Branca e IAC 576/70.....	70

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evolução de produção e exportação de amido de mandioca nos países Brasil e Tailândia. Fonte: ABAM (2005); TTTA (2005). .....	10
<b>Figura 2.</b> Fluxograma da produção industrial de amido de mandioca realizado no Brasil. ....	11
<b>Figura 3.</b> Estrutura molecular da amilose. ....	12
<b>Figura 4.</b> Estrutura molecular da amilopectina.....	12
<b>Figura 5.</b> Diferentes estados físicos do amido. Fonte: Franco et al (2002).....	22
<b>Figura 6.</b> Foto do viscoamilógrafo <i>Rapid Visco Analyser</i> RVA. ....	30
<b>Figura 7.</b> Parâmetros avaliados na curva amilográfica do amido.....	30
<b>Figura 8.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade máxima nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico <i>annealing</i> . .....	34
<b>Figura 9.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade de pasta nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico <i>annealing</i> . .....	37
<b>Figura 10.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta quebra de viscosidade nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico “ <i>annealing</i> ” .....	39
<b>Figura 11.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade final nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico <i>annealing</i> . .....	40
<b>Figura 12.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tendência de retrogradação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico <i>annealing</i> . .....	43
<b>Figura 13.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tempo de pico nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico <i>annealing</i> . .....	45

<b>Figura 14.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta temperatura de pastificação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico <i>annealing</i> .	47
<b>Figura 15.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade máxima nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	49
<b>Figura 16.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade de pasta nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	51
<b>Figura 17.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta quebra de viscosidade nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	53
<b>Figura 18.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade final nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	55
<b>Figura 19.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tendência de retrogradação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	56
<b>Figura 20.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tempo de pico nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	58
<b>Figura 21.</b> Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta temperatura de pastificação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.	59
<b>Figura 21.</b> Valores médios da concentração de amido resistente em amostras das variedades Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70 para o tratamento do tipo <i>annealing</i> .	68
<b>Figura 22.</b> Valores médios da concentração de amido resistente das variedades Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70 para o tratamento do tipo calor/umidade.	69
<b>Figura 23.</b> Valores médios da concentração de amido resistente nas análises dos amidos obtidos pelo tempo de cultivo.	71

## **RESUMO**

Amidos naturais muitas vezes não têm características específicas para um processamento industrial, assim, amidos modificados são usados para proporcionar aos produtos amiláceos propriedades desejáveis tais como textura, aparência, maciez e outras. As modificações produzidas nos amidos geralmente repercutem em algumas de suas propriedades físicas tais como: temperatura de pasta, viscosidade, quebra de viscosidade, tendência de retrogradação. Os tratamentos hidrotérmicos modificam as propriedades físico-químicas dos amidos sem destruir a estrutura granular e nem adicionar outras espécies química às amostras tratadas, ou seja, o amido continua sendo natural. Estudos indicam que estas modificações repercutem nas propriedades funcionais inclusive na resistência às ações de enzimas presentes no trato digestivo alto e desta forma aumentando a concentração de amidos resistentes. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito dos tratamentos hidrotérmicos tipo “annealing” e calor-umidade em amostras de amidos extraídos de quatro diferentes variedades de mandioca, na concentração de amido resistente e propriedades de pasta e também analisar os perfis das concentrações de amido resistente e respectivas propriedades de pasta de duas variedades de mandioca com diferentes estágios de desenvolvimento. Os amidos de mandioca Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70 *in natura* e modificados com os tratamentos

“*annealing*” e calor/umidade, foram avaliados quanto às suas propriedades de pasta e concentração de amido resistente. As duas variedades de amido de mandioca Fécula Branca e Cascuda com idades fisiológicas de 10, 11, 12, 13, 14 e 15 meses, foram analisadas em suas propriedades de pasta e concentração de amido resistente. Os resultados dos tratamentos hidrotérmicos foram significativos, sendo que os amidos submetidos ao tratamento calor/umidade sofreram maiores mudanças tanto nas propriedades de pasta quanto na concentração de amido resistente, destacando os amidos de mandioca das variedades Capora e Fécula Branca. No tratamento “*annealing*” ocorreram modificações, principalmente com os amidos Cascuda e Capora nos tratamentos 12 e 24h e em todas as propriedades de pasta, com exceção da temperatura de pastificação, destacando-se a viscosidade de pasta chegando uma variação de +114,05% para Cascuda e +106,9% para Capora. Com relação ao comportamento dos amidos quanto as suas idades fisiológicas, não foi observado diferenças significativas nas propriedades de pasta, mas existem diferenças proeminentes em relação as duas variedades. As concentrações de amido resistente nos diferentes estágios de desenvolvimento, resultaram em valores aproximados entre 21 a 28%, com exceção do amido Fécula Branca (33,80%) no mês de julho.

Palavras-chaves: amido, tratamentos hidrotérmicos, propriedade de pasta, amido resistente.

EFFECTS OF HYDROTHERMAL TREATMENT ON VISCOGRAPHY PROPRIETIES AND RESISTANT STARCHES IN CASSAVA STARCH. Botucatu, 2008. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: TÂNIA PRISCILA LÚCIO DA SILVA

Adviser: Prof. Dr. CLÁUDIO CABELLO

#### SUMMARY

Many natural starches do not have specific characteristics for industrial processing. Therefore, these starches are modified in order to give them desirable properties such as texture, appearance, softness, etc. The modifications produced in the starches generally change some of their physical properties, such as pasting temperature, viscosity, viscosity breakage, and retrogradation tendency. Hydrothermal treatments modify the physical and chemical properties of the starches without destroying their granular structure, and do not add other kinds of chemicals to the treated samples; in other words, the starch continues to be natural. Studies indicate that these modifications change the functional properties in respect to resistance to the actions of enzymes present in the high digestive treatment, and thus increase

the concentration of resistant starches. Therefore, one aim of the present study was to assess the effects of annealing and heat-humidity hydrothermal treatments on samples of starch from four varieties of cassava, in respect to pasting resistance and concentration properties. A second aim was to analyze the profiles of the pasting resistance and concentration properties of starches from two varieties of cassava in different stages of development. The cassava starches Fécula Branca, Cascuda, Capora and IAC 576/70, both in natura and modified with the "annealing" and heat-moisture treatments, were evaluated regarding their pasting and concentration properties of resistant starch. The Fécula Branca and Cascuda varieties, with physiological ages of 10, 11, 12, 13, 14 and 15 months, were analyzed for their pasting and concentration properties of resistant starch. The hydrothermal treatment results were significant, and the starches submitted to the heat-moisture treatment underwent larger changes in the pasting properties and in the concentration of resistant starch, especially the varieties Capora and Fécula Branca. The "annealing" treatment caused modifications, mostly to the Cascuda and Capora, in the treatments of 12 and 24h, and in all pasting properties, except for pasting temperature, especially the pasting viscosity with a change of +114.05% for Cascuda and +106.9% for Capora. With regard to the behavior of starches of different physiological ages, significant differences in the pasting properties were not observed, but there were large differences in the two varieties. The concentrations of resistant starch in the different stages of development resulted in values of approximately 21 to 28%, except for the variety Fécula Branca (33.80%) in July.

**KEYWORDS:** Starch, hydrothermal treatments, pasting properties, resistant starch.

## 1. INTRODUÇÃO

As culturas de tuberosas tropicais têm sido estudadas e pesquisadas buscando aumentar e diversificar as sua utilizações. Elas incluem um grande número de plantas com bulbos, raízes e tubérculos que dentre as quais se destacam: inhame, taro, mandioquinha-salsa, batata-doce, yacon e a mandioca (CEREDA, 2002)

O Brasil é um dos maiores produtores de mandioca e, juntamente com Paraguai, Colômbia, Peru e Bolívia responderam por quase 95% da produção latino-americana em 2000 (CARDOSO & SOUZA, 2002). Os estados do Brasil que mais produziram mandioca em 2006 foram: Pará (5,1 milhões de toneladas, ou 19,1% da produção nacional), Bahia (4,4 milhões de tonelada, ou 16,5%) e Paraná (3,8 milhões de toneladas, 14,4%), sendo que a produção nacional foi de 26,6 milhões de toneladas de raízes, e o município de Acará - BA foi o maior produtor de mandioca com 2,3% da produção nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

A mandioca tem se destacado não somente para o consumo *in natura*, mas também para a produção de farinhas e polvilhos para consumo humano, fécula industrial,

e o aproveitamento de resíduos na alimentação animal. As indústrias têm incentivado trabalhos que produzam renda e lucro, usando totalmente a mandioca.

No processamento da mandioca é um dos principais produtos, sendo utilizados nas indústrias alimentícias conferindo textura, agindo como espessante, fornecendo sólidos, bem como protetor dos demais ingredientes em diversos processos alimentícios.

O amido é um carboidrato composto de dois biopolímeros de grande peso molecular, a amilose e amilopectina que são facilmente hidrolisadas no trato gastrointestinal na forma de carboidratos de baixo peso molecular (ASP NG, 1995).

Tratamentos aplicados aos amidos podem produzir modificações em suas estruturas moleculares que repercutem em suas propriedades funcionais inclusive na resistência à ação de enzimas presentes no trato digestivo alto (JACOBS & DELCOUR, 1998).

Amidos naturais muitas vezes não têm características específicas para um processamento industrial, assim, amidos modificados são usados para proporcionar aos produtos amiláceos propriedades desejáveis tais como textura, aparência, maciez e outras. As modificações produzidas nos amidos geralmente repercutem em algumas de suas propriedades físicas tais como: temperatura de pasta, viscosidade, quebra de viscosidade, tendência de retrogradação. Segundo BeMiller (1997), as modificações nos amidos afetam as características de cozimento, diminuição da retrogradação, redução da tendência de geilificação das pastas, entre outras.

As indústrias alimentícias têm procurado amidos que sejam mais resistentes a ação enzimática, temperaturas altas e baixas e que não sofreram alterações químicas, onde possam continuar sendo naturais, mas que tenham características dos modificados quimicamente como, por exemplo, claridade de pasta (ALEXANDER, 1996).

Os tratamentos hidrotérmicos modificam as propriedades físico-químicas dos amidos sem destruir a estrutura granular e nem adicionar outros aditivos às amostras tratadas, ou seja, o amido continua sendo natural. O método submete o amido a determinado nível de umidade e temperatura por certo período de tempo seguido de secagem. Define-se excesso de água para o tratamento quando o teor de umidade está acima de 60%; tratamento intermediário, na faixa de 40 a 55% e, baixa umidade quando está menor que 35% (JACOBS & DELCOUR, 1998).

Existem dois tipos de tratamentos hidrotérmicos, o calor-umidade, onde é colocado uma pequena quantidade de água em uma temperatura alta de 100°C por determinados tempos, e o outro tipo é o anelamento ou “*annealing*”, onde o amido é submetido a uma temperatura inferior a de gelificação, em excesso de água. O resultado deste tratamento é a diminuição do potencial da lixiviação da amilose, aumento de temperatura de gelificação e de sua entalpia como também o aumento da sensibilidade a ação hidrolítica de enzimas amilolíticas (CEREDA, VILPOUX & DEMIATE, 2003).

Estudos indicam que estas modificações repercutem nas propriedades funcionais inclusive na resistência às ações de enzimas presentes no trato digestivo alto e desta forma aumentando a concentração de amidos resistentes. Segundo Thompson (2000), amidos resistentes (AR) são definidos como a soma de amidos e produtos da degradação enzimática de amidos não absorvida pelo intestino delgado de indivíduos saudáveis. Estes materiais que escaparam da digestão no intestino delgado podem ser completamente fermentado no cólon e, deste modo, tem sido considerado como uma fibra dietética com seus consequentes benefícios à saúde (THOMPSON, 2000).

A busca por uma vida saudável e uma alimentação equilibrada tem sido foco de muitas pesquisas e, estudos indicam que os amidos que resistiram às enzimas ajudam na proteção do cólon intestinal, prevenindo doenças inflamatórias intestinais e câncer de cólon. Outros estudos observaram que os amidos resistentes trouxeram benefícios fisiológicos na diminuição do índice glicêmico (SALGADO et al., 2005). Assim, nutricionistas e profissionais da saúde buscam a prevenção e a cura de doenças como câncer para que se prolongue o tempo de vida dos seres humanos e mais que isso, tenha um tempo de vida saudável.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito dos tratamentos hidrotérmicos tipo *annealing* e calor-umidade em amostras de amidos extraídos de quatro diferentes variedades de mandioca em relação à concentração de amido resistente e propriedades de pasta, bem como, analisar os perfis das concentrações de amido resistente e respectivas propriedades de pasta de duas variedades de mandioca com diferentes estágios de desenvolvimento.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Mandioca (*Manihot esculenta*)**

A cultura da mandioca originou-se e completou sua diversidade no continente Latino-Americano, provavelmente ocupando a região amazônica primeiramente. O Brasil atualmente ocupa o terceiro lugar na produção mundial de mandioca. Já no continente Latino-Americano, o Brasil ocupa o primeiro lugar na produção e consumo deste tubérculo e é seguido pelo Paraguai, Peru, Colômbia e Bolívia (CARDOSO & SOUZA, 2002).

O Brasil tem uma produção de 26,6 milhões de toneladas de raízes de mandioca segundo a pesquisa do IBGE (2006), enquanto que o Paraguai apresenta maior rendimento médio por unidade de área, isso se deve provavelmente pelas condições ambientais que o Brasil apresenta, como por exemplo, a irregularidade de chuvas, as fertilidades da terra, sendo que em alguns lugares existem terras extremamente férteis e em outros lugares terras muito inférteis, justificando então estas diferenças.

A pesquisa feita pelo IBGE em julho de 2006 estimou que a região Nordeste poderia conter a maior produção brasileira de mandioca com 9.795.850 toneladas, onde a Bahia se destacou com 4.414.164 toneladas, seguidas pelas regiões Norte (7.423.383t),

Sul (6.173.300t), Sudeste (2.506.299t) e por último a região Centro-Oeste (1736.975t) (AGRIANUAL, 2007).

Em relação à área colhida, conseqüentemente a região Nordeste teve seu maior desempenho com 894.864 hectares, vindo o Norte em seguida com 483.390 hectares, depois o Sul com 319.807 hectares, o Sudeste com 137.408 e bem próximo vem o Centro-Oeste com 108.752 hectares (AGRIANUAL, 2007).

Cultiva-se mandioca no Brasil já há muito tempo, sendo que muito de sua produção é para consumo *in natura* e outros para produção de amido, farinhas para consumo humano e farinhas e raspas para consumo animal, como também outros produtos industriais, como por exemplo, o etanol, que tem sido fonte de muitas pesquisas (CARDOSO & SOUZA, 2002).

O uso da mandioca é muito abrangente, e o seu uso para alimentação humana, tem um papel muito importante, principalmente nas áreas pobres da região Nordeste do Brasil, onde também tem uma grande importância como geradora de emprego e de renda, principalmente na produção de farinhas, pois são muito consumidas (IBGE, 2000).

A mandioca não é somente utilizada no consumo humano, mas também na produção de rações como farinhas, raspas e *pellets*. O seu uso na indústria também vem crescendo cada vez mais, principalmente os amidos, que é utilizado nas indústrias alimentícias como glucose, maltose, fermentos, substitutos de gordura, dextrinas, polvilhos, embutidos, como também nas indústrias têxtil, farmacêutica, papel e celulose, calçados, tintas, petrolífera e para a produção de álcool como combustível, desinfetante, bebidas, perfumarias (SAMPAIO et al, 1994).

O processamento da mandioca é similar ao processo da batata, sendo que ambas têm alto conteúdo de água e devem ser processadas logo após a colheita, sendo que a qualidade das raízes e tubérculos e sua composição química varia de acordo com a época de colheita. (KEARSLEY & DZIEDZIC, 1995).

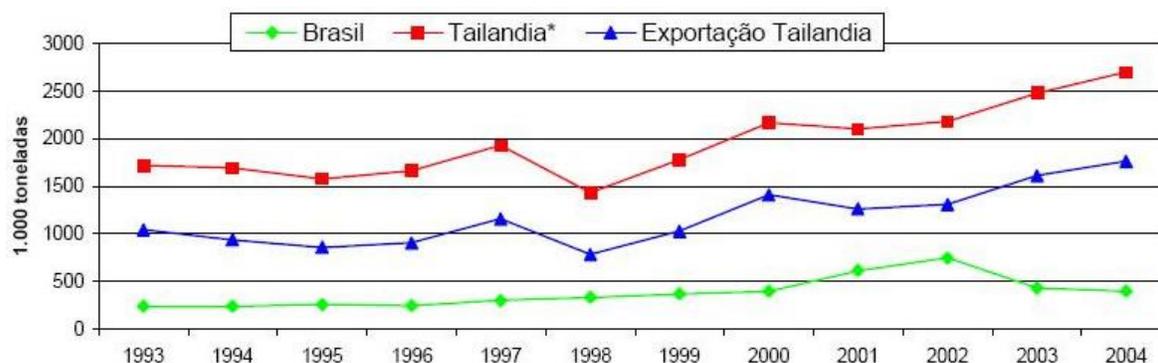
## 2.2 Amido

O amido é produzido em grande quantidade na natureza, fornecendo de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem, sendo que os depósitos desses polissacarídeos encontram-se nos órgãos de reserva, como é o caso dos amiloplastos de grãos de cereais, tubérculos, raízes e leguminosas (LEONEL, CEREDA, 2002).

Muitos países produzem amido de vários tipos de plantas, sendo que o amido de mandioca é a segunda fonte mais produzida no mundo, perdendo somente para o milho (VILPOUX, 2003).

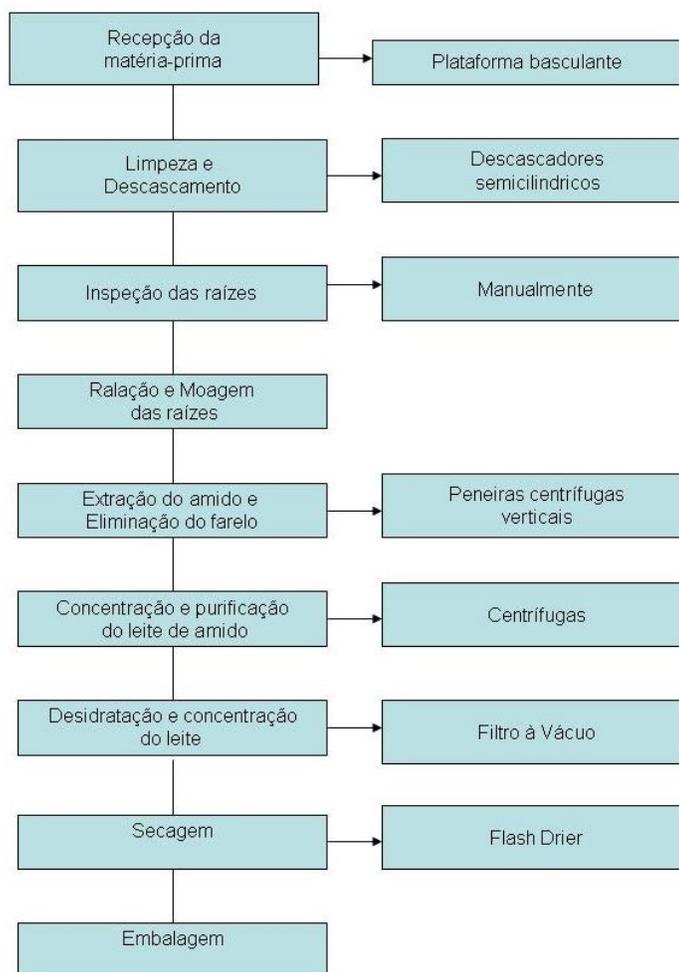
Até agosto de 2006 o Brasil exportou um total de 7.985 toneladas de amido de mandioca, sendo que os Estados Unidos foi o que mais comprou amido do Brasil, (2.776 toneladas), seguido pela Colômbia com 1.451 toneladas. Em relação aos anos anteriores, em 2002, o Brasil teve o maior desempenho na exportação, com um total de 24.780 toneladas vendidas. (AGRIANUAL, 2007).

Na Figura 1, observa-se a evolução da produção e exportação de amido de mandioca nos países do Brasil e Tailândia.



**Figura 1.** Evolução de produção e exportação de amido de mandioca nos países Brasil e Tailândia. Fonte: ABAM (2005); TTTA (2005).

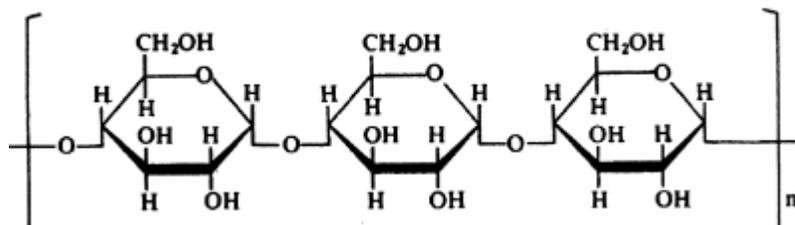
Para obtenção de amido existem processos domésticos e industriais. A Figura 2 o fluxograma de um processo industrial realizado no Brasil:



**Figura 2.** Fluxograma da produção industrial de amido de mandioca realizado no Brasil.

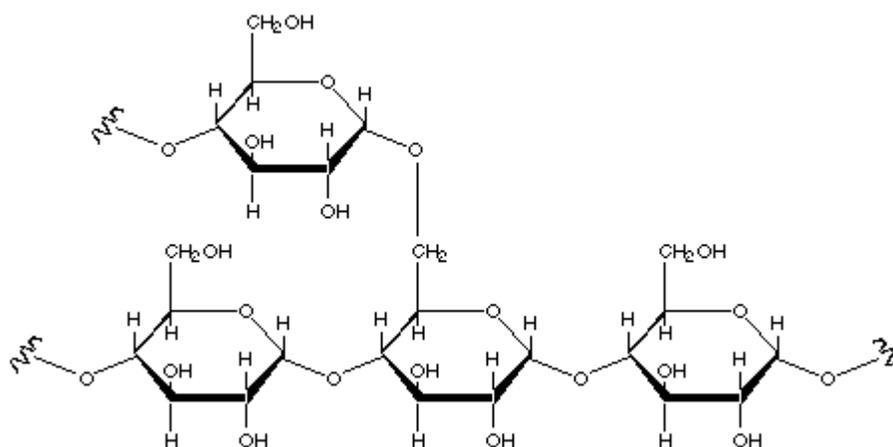
O amido de mandioca contém aproximadamente 97% de amido, em peso seco. Este é constituído por dois polissacarídeos: a amilose, que possui cadeia linear de monômeros de glicose unidas por ligações  $\alpha$ -1,4 e peso molecular de  $1,5 \cdot 10^5$  a  $1,0 \cdot 10^6$ , tendo uma extremidade redutora e outra não redutora; e a amilopectina, é formada por cadeias ramificadas de amilose através de ligações  $\alpha$ -1,6 e peso molecular de  $5,0 \cdot 10^6$  a  $1,0 \cdot 10^8$  (MANNERS & MATHESON, 1981). A estrutura molecular desses polissacarídeos influi diretamente nas propriedades funcionais dos amidos, as quais são interessantes para diversos usos industriais.

Na Figura 3 pode-se observar a estrutura linear da amilose contrapondo-se à estrutura ramificada da amilopectina mostrada na Figura 4.



**Figura 3.** Estrutura molecular da amilose.

O peso molecular da amilose varia de acordo com a sua fonte e as condições que são realizadas a extração do amido, podendo conter de 200 a 2000 unidades de glicose (FRANCO et al, 2002).



**Figura 4.** Estrutura molecular da amilopectina.

Nem sempre os amidos, na sua forma nativa, possuem propriedades físico-químicas adequadas para o processamento, e assim, muitas vezes os amidos são modificados para serem utilizados na fabricação de alimentos. Na maioria das vezes o amido é modificado quimicamente, mas há um grande interesse nos amidos que são modificados fisicamente. Este últimos são considerados naturais e de alta segurança, o que atende as demandas por produtos naturais que buscam a proteção dos consumidores (BeMILLER, 1997).

### 2.3 Amidos Modificados

Os amidos são muito utilizados no processamento de produtos alimentícios, podendo ser usados na forma natural ou modificada. As indústrias farmacêuticas também têm um papel importante na utilização de amido, principalmente sem modificações. Os amidos modificados são usados principalmente nas indústrias papelarias, sendo pouco usados nas alimentícias e têxteis, mas isso tem mudado conforme os anos, principalmente no ramo alimentício, onde estão sendo realizadas modificações de amidos sem adicionar produtos químicos (CEREDA et al, 2003).

Existem várias formas de classificar as modificações de amido, sendo classificadas como físicas e químicas, ou entre reações gradativas ou degradativas. As reações degradativas alteram a estrutura física e química (CEREDA et al, 2003). A gelificação do amido e posteriormente a retirada do teor de água permitem a obtenção dos amidos pré-gelatinizados, solúveis em água, sendo de grande valia para produtos alimentícios previamente preparados (CEREDA, 2001).

As modificações de amidos também podem ser ácidas para diminuir a viscosidade, podendo ser usados nas indústrias têxteis, de papel e de alimentos (CEREDA et al, 2003). O amido oxidado é produzido pela reação do amido com quantidade específica de reagentes e o controle de pH e temperatura (KUAKPETOON; WANG, 2001). Este tipo de modificação tem sido muito utilizado na indústria alimentícia por conter baixa viscosidade, alta estabilidade, claridade do gel e propriedade de retenção de água. A oxidação do amido é utilizada principalmente na produção de doces de goma, coberturas de alimentos, agentes ligantes em produtos de confeitaria e emulsificantes (KONOO et al., 1996).

Shirai et al. (2006) utilizaram amidos de mandioca-salsa, batata, milho e mandioca, tendo como objetivo avaliar as características físico-químicas na modificação com peróxido de hidrogênio utilizados para elaboração de doce de leite pastoso e goma americana. Os resultados foram significativos, ocorrendo o aumento na expansão do amido em todas as fontes botânicas, exceto na mandioca-salsa. Na viscosidade aparente dos amidos, o milho apresentou menor viscosidade máxima, mas com maior tempo de pico e empastamento.

Os amidos oxidados também podem ser utilizados para outros alimentos como, por exemplo, o pão de queijo. Analisando o pico de viscosidade pelo

aparelho Viscoamilógrafo Brabender, o amido *in natura* apresentou um pico de viscosidade de 570 UB e depois de modificado houve grande redução, tendo como resultado 60UB, demonstrando então uma expansão importante para a produção de pão de queijo (APLEVICZ & DEMIATE, 2006).

Outro tipo de modificação são os amidos fosfatados, tendo também importância na indústria alimentícia, principalmente os alimentos congelados ou refrigerados, pois os grupamentos iônicos diminuem a sua tendência de retrogradação. A fosfatação aumenta o poder de inchamento e a solubilização dos amidos (STOHY et al., 2000a).

Os amidos fosfatados são importantes na redução de gordura. Limberger (2006) utilizou quireira de arroz fosfatada para aplicação de salgadinhos obtidos através de extrusão; e de salsicha para redução do teor de gordura, resultando no aumento do poder de solubilidade e inchamento ocorreu considerável redução da viscosidade máxima (64,67 RVU) e o amido nativo apresentou 247,30 RVU.

Outros processos de modificações como os processos enzimáticos transformam os amidos em dextrinas, maltose e glicose sendo usados nas indústrias de alimentos, principalmente bebidas fermentáveis ou não fermentáveis e as dextrinas na produção de cola (CEREDA et al, 2003).

Existem algumas formas de modificação por processo físico como o calor, radiação e cisalhamento, mas o mais importante é o por calor. Esta forma de modificação é muito estudada e muito bem aceita pelas indústrias de alimentos e consumidores, pois os amidos são adicionados como um ingrediente e não como um aditivo diferentemente dos modificados quimicamente. Apesar desse interesse por modificações físicas, não são numerosas as suas aplicações (JACOB et al, 1995).

Um dos tipos de amidos modificados fisicamente são os amidos pré-gelatinizados e estes são usados no preparo de comidas instantâneas, onde é preparado com pouca água e com agitação constante, garantindo a gelificação do amido (MOORTHY, 1994). Os amidos pré-gelatinizados são utilizados quando se deseja que o produto seja solúvel em água fria ou quente (CEREDA et al, 2003).

Outra forma de modificar os amidos são as pirodextrinas que são preparadas com a torrefação do amido. Essa forma de modificação foi descoberta de uma forma acidental, onde em setembro de 1821 após um incêndio, que destruiu uma indústria

têxtil da Irlanda. Féculas de batatas estavam estocadas no prédio destruído pelo incêndio. Depois do incêndio foi encontrado um pó avermelhado e altamente solúvel em água, como consequência descobriu que o mesmo resultado podia ser obtido com o amido aquecido em um tacho metálico (SWINKELS, 1996). Outras pesquisas realizadas por Biot e Persoz, citado por Swinkels (1996) adicionaram ácido à reação e deram o nome de dextrina.

Tratamentos com baixa umidade através da autoclavagem modificam as propriedades do amido, pois estudos realizados demonstraram modificações significantes no pico de viscosidade, proporcionando a diminuição desta propriedade de pasta (CEREDA et al, 2003). Um outro tratamento para modificar o amido é chamado de *annealing*. O amido é mantido em temperatura inferior a gelificação em excesso de água, resultando na diminuição do potencial de lixiviação da amilose e pelo aumento na temperatura de gelificação, aumentando também a hidrólise por  $\alpha$  amilase, pois há reorganização das cadeias de amilose, tornando difícil a ação da enzima (HOOVER & JACOB, 1994; JACOB et al, 1995).

Existem muitos tipos de modificações de amido, mas as busca por amidos modificados fisicamente tem sido de muito interesse para as indústrias de alimentos, podendo chegar às características desejadas sem adicionar nenhum produto químico.

## **2.4 Modificações hidrotérmicas em amidos**

Tratamentos aplicados aos amidos repercutem em modificações em suas propriedades funcionais. Os tratamentos denominados hidrotérmicos, modificam as propriedades físico-químicas sem destruir a estrutura granular e nem adicionar outras espécies químicas às amostras tratadas, ou seja, o amido continua natural. Existem dois tipos de tratamentos hidrotérmicos que são conhecidos, o *annealing* e o calor-umidade. Ambos os tratamentos envolvem estocagem do amido em um determinado nível de umidade seguido de tratamento térmico por certo período de tempo (JACOBS & DELCOUR, 1998).

O tratamento *annealing* é aquele que expõe o amido em uma temperatura superior a transição vítrea e inferior à temperatura de gelatinização, permitindo reorganização molecular com estrutura mais organizada, ou seja, o amido é submetido a uma temperatura abaixo da gelatinização permitindo discreta reorganização molecular com a formação de uma estrutura mais organizada (BLANSHARD,1987). Um exemplo citado por este mesmo autor, amido de trigo submetido ao aquecimento com excesso de água a 50°C por

72 horas, e obtendo como resultado alterações da temperatura de gelatinização de 52 a 61°C para 65,4 a 65,8°C, bem como a aproximação da temperatura da transição vítrea, aumentando a mobilidade molecular sem ativar totalmente o processo de gelatinização.

O processo *annealing* afeta as propriedades funcionais do amido, como, por exemplo, suas propriedades de pasta e térmicas (JACOBS et al, 1998, TESTER et al, 2000). De acordo com Jacobs e Delcour (1998) o processo *annealing* é aquele que o teor de umidade está acima de 60% e em uma temperatura que não haja a gelatinização do amido. Indústrias vêm buscando este tipo de processo, pois além de produzir características diferentes dos amidos nativos, contudo, esse tipo de tratamento não acrescenta aditivos para a sua modificação, ainda existem problemas, pois o tratamento *annealing* gasta mais energia e o tempo de geração é maior comparados com amidos modificados por processos químicos, o que acaba influenciando nos custos (FRANCO et al, 2002).

Em relação às modificações físicas, os estudos ainda estão sendo realizados. Alguns autores relatam que não ocorrem modificações nos grânulos dos amidos, já outros autores observaram que houve aumento dos grânulos após o *annealing* (HOOVER & VASANTHAN, 1994; TESTER & DEBON, 2000 citados por FRANCO et al, 2002).

Quanto às modificações das características de pasta com o tratamento ainda são pesquisados, pois em alguns estudos houve o aumento da viscosidade para os amidos de trigo e batata, associado com a diminuição do pico de viscosidade para batata e para a lentilha e aveia existe tendência ao seu decréscimo (HOOVER & VASANTHAN, 1994; TESTER & DEBON, 2000 citados por FRANCO et al, 2002).

Um outro fator que tem sido causa de estudo são as alterações na estrutura molecular, sendo impreciso o que acontece quando o amido é submetido a este tratamento. Alguns pesquisadores verificam o aumento estabilidade granular (HOOVER & VASANTHAN, 1994) reorganização da estrutura do grânulo ou a diminuição da energia livre (BLANSHARD, 1987).

O tratamento calor-umidade é aquele que submete o amido a uma temperatura alta com umidade inferior de 35% (JACOBS & DELCOUR, 1998). Esse tipo de tratamento provoca importantes mudanças na estrutura do amido. Em estudos realizados os amidos de trigo e batata foram submetidos a uma umidade de 18, 21, 24 e 27% e mantidos a temperatura de 100°C por 16h e examinados pela difração de raio X e observados em relação a

sua birrefringência (BLANSHARD,1987). Os dois tipos de amido mostraram modificações em suas endotermas. O mesmo autor destaca que ambos, no tratamento com maior umidade, apresentaram aumento na temperatura de gelatinização.

Muhrbeck (1996) citado por Franco et al. (2002), afirmou que o tratamento hidrotérmico com 27% a 100°C/16h, o padrão de cristalinidade mudou do tipo B para o tipo A quando analisados pela difração de raio X, e em outra pesquisa o autor Leach et al. (1959) citado por Franco et al. (2002) promoveram um tratamento com 20 e 25% de umidade com temperatura de 100°C em fécula de batata, obteve os mesmos resultados que o autor anterior. As pastas formadas apresentaram reologia curta, foram opacas, e quando resfriadas formaram um gel rígido, parecido com o gel do milho.

Franco et al. (1995), verificaram que os amidos de mandioca e milho quando submetidos ao tratamento de calor umidade com 18% de umidade, à 100°C por 16h, teve um aumento no grau de cristalinidade diminuindo significativamente a suscetibilidade à ação de amilases. Estes autores observaram rearranjo das moléculas fortalecendo as ligações dentro dos grânulos. Um outro tratamento realizado por estes pesquisadores, mas com 27% de umidade, verificaram que provavelmente ocorreu alongamento seguido do rearranjo das ligações dos grânulos, provocando alterações na estrutura do grânulo do amido, aumentando regiões acessíveis para o ataque das enzimas.

Para Teixeira et al (1998) o tratamento hidrotérmico com amidos de milho e banana, foi realizado em vários níveis de umidade onde começou com 30 % até 70% e colocadas em autoclaves por 1 hora à 121°C. Depois de terem sido submetidas a esse tratamento, os amidos ainda foram armazenados a temperaturas variadas de 15 e 35°C por tempos de 4 a 72 horas, resultando no aumento da viscosidade do amido de banana em função do aumento da temperatura comparando aos outros amidos. Os amido de milho normal apresentou propriedades de pasta semelhante as encontradas na literatura, e o aumento da viscosidade em função da temperatura do amido de milho foi menor do que do amido de banana. Em outro estudo com fécula de mandioca, foram pesadas 30g de fécula, onde foram submetidas à umidade de 50% por 48 horas, a 50, 55 e 60°C obtendo resultados significativos. O *annealing* aumentou a viscosidade de pico, principalmente nos tratamentos com 50 e 55°C, também houve o aumento da temperatura de pasta conforme a temperatura o aumento das

temperaturas dos tratamentos, quebra de viscosidade, e a diminuição na tendência de retrogradação (SERRANO & FRANCO, 2005).

## **2.5 Amido na Alimentação**

O amido além de ser uma rica fonte de carboidrato, é importante para se obter uma alimentação saudável. Hoje, existe preocupação com uma alimentação equilibrada e sem excesso de alimentos, onde se busca a redução de gorduras, sem agrotóxicos e sem substâncias químicas. A busca por produtos naturais tem sido grande, pois tem mostrado melhoria na saúde humana, principalmente a preocupação dos pais por alimento de qualidade que não engorde e que supra todas as necessidades nutricionais das crianças (CEREDA & VILPOUX, 2003).

Segundo Allanson (1999) a Europa tem buscado muitos alimentos que tenham uma rica fonte de fibras alimentares, como também a ausência de aditivos e um baixo teor de gordura, assim as indústrias tem procurado juntar todos estes componentes em um produto para satisfazer os consumidores. Para isso, as indústrias têm utilizado o amido como substitutos de gorduras e não alterando as características organolépticas do alimento industrializado como, por exemplo, a textura, o sabor, maciez e a aparência.

A fibra digestiva, ou solúvel, tem sido alvo da pesquisa para produtos alimentícios, pois tem uma grande importância para prevenção de doenças, mas a fibra pode ocasionar sabor e textura modificados, ocasionando baixa aceitação pelos consumidores, assim, o amido resistente pode solucionar esse problema, pois ele também possui características de prevenção de doenças digestórias (ZELAYA, 2000).

Os consumidores têm se informado cada vez mais sobre alimentação saudável e o quanto suas necessidades nutricionais. Assim, pesquisas têm sido realizadas para que produtos alimentícios congelados, principalmente os fritos, apresentem uma barreira para que o alimento não tenha tanto contato direto com a gordura, pois quanto maior a quantidade de água que o produto tiver, maior será a absorção de gordura. Podemos tomar como exemplo a mandioca, pois para ser frita ela precisa primeiramente ser cozida, aumentando assim a quantidade de água, e se tivesse uma barreira, impediria que a gordura fosse tão absorvida e diminuindo a aparência do alimento gorduroso (CEREDA & VILPOUX, 2003).

O uso do amido tem sido usado como barreira para diminuição da absorção de gorduras dos alimentos como batata e mandioca, pois estes não são empanados e não tem o adicional da farinha, e pela baixa umidade (12 a 14%) e transparência, o amido forma uma barreira natural produzindo uma camada fina e seca isolando o alimento da gordura. O amido proporciona uma boa textura, cor e crocância ao alimento (GENTILE, 1996).

Assim, o amido tem tido grande importância para a saúde humana, podendo prevenir doenças digestórias, como os amidos resistentes, (onde será tratado no item 2.7), e também como substitutos de gorduras, como por exemplos as maioneses lights, ajudando na prevenção do aumento do colesterol e evitando doenças cardiovasculares e como barreira para alimentos fritos, diminuindo o contato direto com o óleo quente.

## **2.6 Reologia**

O termo reologia foi introduzido por E. C. Bingham em 1920 e a definição original é o estudo da deformação e do escoamento da matéria (Tanner, 1985). A reologia estuda as propriedades de escoamento dos gases, líquidos e sólidos. O campo da reologia estende-se desde a mecânica dos fluidos newtonianos até a elasticidade de Hooke e a região que compreende este campo é a deformação e o escoamento de todos os materiais pastosos e em suspensão (BIRD et al, 1960).

Para Steffe (1992), todos os materiais possuem propriedades reológicas. Este autor menciona alguns outros autores que pesquisaram diferentes materiais: na geologia e mineração (Cristescu, 1989), na tecnologia de concreto (Tattersall e Banfill, 1983), na mecânica dos solos (Haghighi et al, 1987), no processamento de plásticos (Dealy e Wissburn, 1990), no caso de polímeros e seus componentes (Neilsen e Landel, 1994), no escoamento de tintas e dispersão de pigmentos (Patton, 1964), no sangue (Dintenfass, 1985), na bioengenharia (Skalak e Chien, 1987) e nos cosméticos (Laba, 1993 b).

### **2.6.1 Características reológicas das pastas de amidos**

O amido traz muitas características que o torna importante para muitas indústrias alimentícias e não alimentícias, e dentre elas está o estado de pasta e quais são as modificações que acontecem quando colocamos em determinada temperatura e quantidade de

água. Segundo Mestres (1996) a perda da cristalinidade do amido, quando possuem água a certa temperatura, produz inchamento dos grânulos resultando no aparecimento de características visco elásticas.

Dependendo da origem do amido, o poder de inchamento dos grânulos, é diferenciado pela temperatura e a quantidade de água, por exemplo: para o amido de milho o poder de inchamento está entre 70 a 95°C e seu poder de inchamento é menor que dos amidos originários de tuberosas. Amidos de mandioca, por exemplo, em uma temperatura de 70°C apresenta o inchamento de 30g/g de amido e já o milho é de 10g/g (MESTRES,1996).

A solubilidade também é maior nos amidos de tuberosas do que os amidos de outras origens. Essas características são constituídas por duas fases, ou seja, a primeira fase é constituída por um dissolvente contendo polímeros dissolvidos, onde os grânulos são submetidos a um processo de cocção abaixo de 90°C e sem agitação, formando assim uma parte dissolvida que são as amiloses; e a segunda parte é constituída pelos grânulos inchados, dado pelas amilopectinas. Com uma temperatura maior e com agitação, os grânulos se rompem, e assim as amilopectinas passam a ser solução, sendo de grande importância para as propriedades reológicas dos amidos (FRANCO et al, 2002).

Existem algumas características da propriedade de pasta do amido que são importantes para caracterizar o amido, que são: sabor, viscosidade, textura, transparência e tendência a retrogradação. Com relação ao amido de mandioca, as características de pasta (Tabela 1) são as seguintes:

**Tabela 1.** Características da pasta de amido de mandioca.

<i>Características</i>	<i>Mandioca</i>
Sabor	Suave
Viscosidade	Média alta
Textura	Longa
Transparência	Clara
Tendência de Retrogradação	Baixa

Fonte: Alexander (1995).

Características da propriedade de pasta dos amidos dependem muito da origem botânica, por exemplo: a viscosidade do amido de batata é bem maior comparada com os amidos dos cereais e da mandioca, mas por outro lado a claridade e temperaturas mais baixas de gelatinização são características dos amidos de tuberosas e cereais (JANE, 1997).

Mas, as propriedades de pasta podem ser alteradas quando modificamos o amido, como por exemplo, o tratamento térmico, podendo ser representados pelo tratamento de anelamento e calor-umidade (FRANCO et al, 2002).

Uma das características importantes da propriedade de pasta é a viscosidade, e hoje para verificar a viscosidade é realizada pelo aparelho Rapid Viscoanalyser-RVA-Newport Scientific, Austrália, e este aparelho verifica características importantes como a tendência de retrogradação, sendo um processo que é caracterizado pela ressociação favorecendo uma estrutura mais organizada, voltando às condições de insolubilidade em água fria (FRANCO et al, 2002).

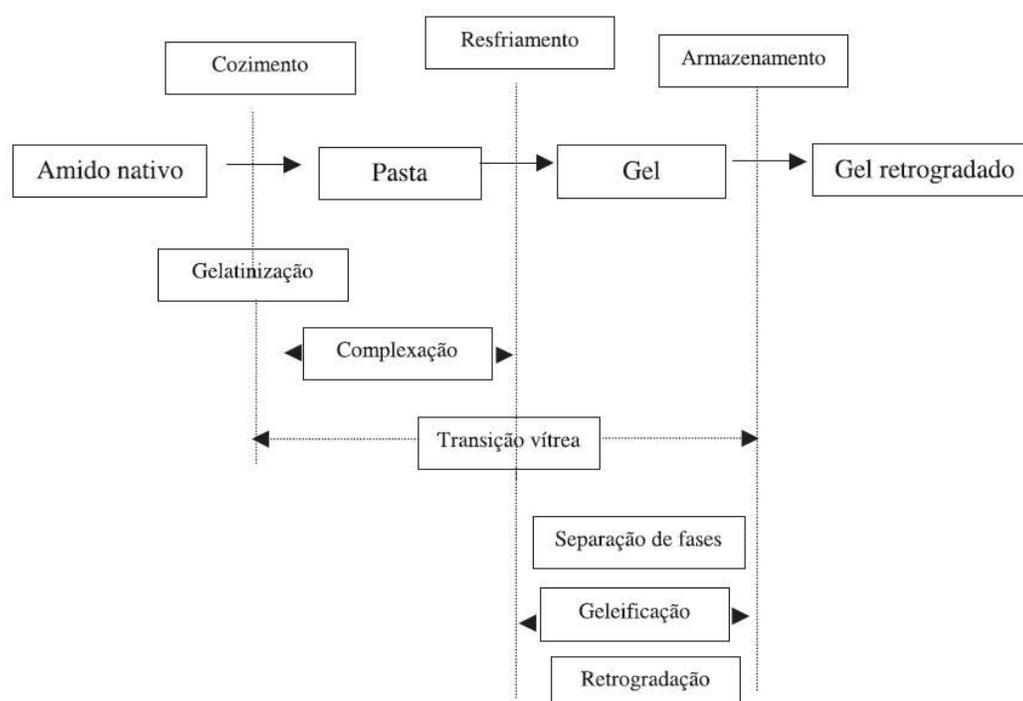
A análise começa com uma temperatura de 50°C e aumentando ao decorrer da análise, chegando a 95°C e logo em seguida a temperatura começa a abaixar novamente, retornando a temperatura do início.

A viscosidade começa no zero e ao decorrer da análise ela vai aumentando, demonstrando a viscosidade máxima no pico maior da linha. Chega-se a viscosidade máxima quando a maioria dos grânulos já romperam, mas alguns ainda continuam intactos. Durante a fase de temperatura (95 °C) e agitação constantes os grânulos começam a quebrar, a solubilização dos polímeros continua e o alinhamento molecular ocorre dentro do campo de atrito do instrumento, causando uma diminuição da viscosidade (THOMAS; ATWELL, 1999).

Ao ocorrer resfriamento, alguns polímeros de amilose e amilopectina solubilizados começam a se reassociar, formando um precipitado ou gel ocorrendo aumento na opacidade da pasta. Este processo é chamado retrogradação ou *setback* (BEMILLER, 1997). Após a retrogradação há o aumento novamente da viscosidade até os grânulos se rearranjam dando por fim a viscosidade final.

Existem outros resultados demonstrados através desta análise que são: viscosidade de pasta, tempo de pico e por fim a temperatura de pastificação. Assim, com esta análise pode-se observar todo o comportamento de viscosidade da amostra analisada.

O comportamento do amido em relação a sua viscosidade é muito complexo, assim, na Figura 5, pode-se verificar os diferentes estados físicos quando o amido é submetido à cocção e depois o seu resfriamento, tornando um gel.



**Figura 5.** Diferentes estados físicos do amido. Fonte: Franco et al (2002).

Pesquisadores têm tentado definir com precisão amido gelatinizado por muitos anos. Alguns afirmam que a gelatinização começa quando a birrefringência do grânulo está perdida, outros acreditam que começa quando ocorre um aumento da viscosidade. Palavras como “cozinhar”, “solubilização”, e “engrossar”, embora não seja exatamente uma forma do ponto de vista químico, são muitas vezes utilizados para caracterizar o processo de gelatinização.

A gelatinização do amido é o colapso (ruptura) molecular de dos grânulos do amido manifestando alterações irreversíveis nas propriedades reológicas tais como inchaço granular, cristalinidade, a perda de birrefringência, e solubilização do amido.

Segundo Mestres (1996) a transição vítrea ocorre quando o amido é passado pelo processo de cocção e resfriamento, e isso ocorre por causa da parte amorfa do amido, sendo de muita importância para a retrogradação. Os grânulos apresentam áreas amorfas e cristalinas, assim as áreas cristalinas mantêm a integridade do grânulo, permitindo que ocorra o inchaço dos grânulos. As áreas amorfas do grânulo durante o aquecimento absorvem água e incham rapidamente, tornando-se elásticos e sendo responsáveis pela viscosidade da pasta.

A retrogradação é basicamente um processo de cristalização das moléculas de amido que ocorre pela forte tendência de formação de pontes de hidrogênio entre moléculas. Os grânulos dos amidos são parcialmente inchados tendo a formação do amido em solução. Durante o resfriamento há o aparecimento de um gel e com o tempo, este gel formado tem a tendência de liberar água (HOOVER, 2001). A gelatinização e retrogradação que ocorrem no amido são importantes para o comportamento da pasta, principalmente pelas mudanças que ocorrem na viscosidade durante o aquecimento e resfriamento do amido (THOMAS & ATWELL, 1999).

## **2.7 Amido Resistente (AR)**

O amido resistente é definido como aquele que resiste à hidrólise enzimática, e conseqüentemente não é absorvido/ digerido no intestino delgado de indivíduos saudáveis, podendo ser fermentado no intestino grosso (EERLINGER & DELCOUR, 1995).

Os amidos resistentes são constituídos por compostos bastante heterogêneos, cuja classificação depende de sua estrutura física e da susceptibilidade ao ataque enzimático, sendo assim classificados em quatro tipos. O AR 1 são grânulos fisicamente inacessíveis a enzimas presentes na matriz do alimento em sementes e leguminosas, onde a forma física do alimento impede o acesso da amilase pancreática diminuindo então a digestão do amido (GONI et al, 1996). O AR 2 são conhecidos como aqueles grânulos nativos, presentes na fécula de batata ou banana onde são altamente resistentes para digestão. O AR 3, é aquele formado após a retrogradação do amido. O AR 4, é o amido modificado quimicamente, que incorporado aos alimentos não altera o sabor, cor, entre outros (THOMPSON, 2000; BEDNAR et al, 2001).

O AR 3 é produzido por alta temperatura e com pequena quantidade de água, ou seja, calor/umidade, resultando no rompimento e gelatinização da estrutura do grânulo. A quebra das pontes de hidrogênio que mantêm o arranjo molecular do grânulo e a hidratação dos grupos hidroxilas das unidades de glicose causa intumescimento do grânulo de forma irreversível. Esse fenômeno resulta na formação de agregado de baixa solubilidade reconhecido como recristalização ou retrogradação (ANNISON & TOPPING, 1994).

De acordo com Jacobs e Delcour (1998), amidos submetidos a tratamentos com água e temperatura, denominados tratamentos hidrotérmicos, repercutem em

modificações em suas propriedades funcionais inclusive na resistência à ação de enzimas presentes no trato digestivo alto e desta forma aumentando a concentração de amidos resistentes.

Teixeira et al (1998) verificaram que os amidos de milho submetidos ao tratamento hidrotérmico, ocorreu um aumento significativo de AR, principalmente na temperatura de 25 e 35° C, e com umidade de 38 e 58,24%, sendo que o amido natural era constituída de AR de 2,50% e as modificações resultaram em AR de 7,15%.

Uma outra grande importância do AR são os efeitos fisiológicos que ocorrem, pois o amido não digerido ao chegar ao cólon é utilizado por diversas bactérias intestinais, principalmente as anaeróbias estritas (bacteróides, eubactérias, bifidobactérias e Clostridium) que constituem 99% da flora intestinal humana, sendo assim considerado um agente prebiótico. O resultado desta fermentação produz ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acético, propiônico e butírico e gases como hidrogênio, dióxido de carbono e metano dos quais cerca de 20% são excretadas pela respiração (TOPPING & CLIFTON, 2001).

Os butiratos têm um efeito benéfico na redução dos fatores de risco envolvidos na etiologia do câncer de cólon e desenvolvimento de adenomas (TOOPING & CLIFTON, 2001; FERREIRA, 2003; CAMBRODON & MARTIN-CARRON, 2001). Estudos in vitro verificaram que os butiratos são agentes anti-neoplásicos e experimentos realizados verificam um efeito protetor de fibras em roedores. Velazquez et al (1996) verificou em estudos que a ação do butirato promoveu o crescimento e desenvolvimento de células saudáveis no intestino e conseqüentemente inibindo processos degenerativos e doenças que produzem células anormais.

A presença de fibras hidrossolúveis presentes em alimentos fontes de amido é capaz de reduzir o elevado índice glicêmico, pois o elevado AR retarda o ritmo de esvaziamento gástrico, decorrente da capacidade de retenção de água das pectinas, gomas e  $\beta$ -glucanos. O conseqüente aumento da viscosidade do meio reflete no aumento da saciedade, em menor taxa de absorção no intestino e na diminuição da glicose sanguínea (LEMOS et al, 2002).

Para determinarmos AR, existem várias metodologias, entre as quais estão os métodos in vitro e o in vivo. Existem na literatura vários métodos in vitro para determinação de AR em alimentos, dos quais foram desenvolvidos durante o programa

European Resistant Starch Research Group (EURESTA), em 1992. De modo geral, eles são baseados na diferença entre o amido total e a fração digerível, ou ainda, na remoção do amido digerível através da utilização de diferentes enzimas (LOBO & SILVA, 2003).

Uma metodologia utilizada é a proposta por Goni et al (1995), onde há a simulação do funcionamento do sistema digestório, quantificada pelo teor de glicose liberada após sua completa enzimática. Muitos reagentes são utilizados, dentre os quais estão as enzimas pepsina,  $\alpha$  amilase que promove a fragmentação da molécula de amido produzindo açúcares redutores de baixo peso molecular (maltose, maltotriose e maltotetose) e amiloglucosidase que completa a hidrólise levando o amido a glicose. Outros reagentes também são utilizados como tampões para o aumento e diminuição dos pHs. Depois de todo o processo da análise, a leitura é realizada pelo espectrofotômetro utilizando o método de glicose oxidase (GOD), obtendo assim a concentração de amido resistente.

Para avaliar o método *in vivo* são empregadas as seguintes metodologias: utilização de indivíduos ileostomizados, tendo assim uma determinação direta e quantitativa de AR e de outros nutrientes presentes no intestino delgado. Outro método é o teste de respiração, o amido não absorvido é determinado através do teor de H<sub>2</sub> expirado; e também a utilização de indivíduos intubados com uma cânula até o ceco, permitindo o teor de carboidratos no conteúdo intestinal aspirado (CHAMP, KOZLOWSKI & LECANNU, 2001).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Matéria-Prima

Nas modificações hidrotérmicas anelamento e calor/umidade, foram utilizadas quatro variedades de mandioca: Fécula Branca, Capora, Cascuda e IAC 576/70, com o tempo de cultivo de 16 meses. As três primeiras são muito utilizadas para extração de amidos em agroindústria de fecularia enquanto a última variedade é produzida para abastecer o consumo “*in natura*” e outros produtos “*de mesa*”. A escolha destas variedades foi pela importância econômica, pois são extensamente utilizadas pelas indústrias de extração devido à quantidade de amido que se consegue extrair das raízes.

Na avaliação do perfil da concentração de amido resistente e propriedades reológicas, foram usados os amidos das variedades de mandioca IAC 576/70 e Fécula Branca, que foram coletadas com os tempos de cultivo de 10, 11, 12, 13, 14, 15 meses, sendo que a utilização destes tempos foi de acordo com a colheita da variedade de mandioca IAC 576/70.

As amostras das raízes utilizadas para extração de amido foram coletadas na área experimental do Centro de Raízes e Amidos Tropicais, localizada na Faculdade de Ciências Agrônômicas (Lageado), na cidade de Botucatu-SP.

### **3.2 Planejamento experimental**

A pesquisa foi realizada nos laboratórios do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT/UNESP), aonde os amidos de mandioca foram extraídos, analisados e ensaiados. Após a coleta dos amidos as análises de umidade, propriedade de pasta e amido resistente foram realizadas.

### **3.3 Extração dos amidos das amostras de raízes de mandioca**

A extração dos amidos foi realizada no Laboratório de Processamento de Matérias-Primas do CERAT/UNESP em Botucatu, a partir de mandiocas recém coletadas. As mandiocas foram passadas pelo processo de descascamento, trituração com água, e em seguida o líquido que saiu da trituração foi colocado em um recipiente para decantar o amido em câmara fria durante 24hs. Após a decantação a água sobrenadante foi descartada e os amidos foram lavados com adição de mais água potável com agitação visando a completa remoção de outros componentes contaminantes. Em seguida, ficou mais 24hs na câmara fria para uma pré-secagem e após esse processo foi colocado na estufa a 35°C em um período de 24hs. Os amidos foram passados pelo moinho de faca para pulverização.

### **3.4 Determinação do teor de umidade**

Para determinação do teor de umidade dos amidos extraídos, as amostras foram colocadas em estufa a 104°C por 8 horas. Após esse período foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador e novamente pesadas até peso constante (AOAC, 1980).

### **3.5 Modificações hidrotérmicas**

Foram utilizados dois métodos de tratamentos hidrotérmicos, quais sejam o processo de *annealing* e calor/umidade.

### 3.5.1 Modificação hidrotérmica *annealing* (ANN)

Foram pesadas três amostras de 300g de amido (peso seco), de cada uma das variedades de mandioca em recipientes de vidro. Após pesadas receberam aproximadamente 600g de água destilada e foram estocados em estufa a 50°C por um período de 12, 24 e 36h respectivamente.

As amostras de amido foram obtidas conforme especificado no item 3.1.1, visando uniformidade na preparação dos ensaios, foram adicionados aos recipientes quantidades de água destilada considerando a umidade das amostras de amido, como pode ser visto na Tabela 2.

**Tabela 2.** Quantidade de amido e água destilada utilizados na preparação das amostras para o tratamento hidrotérmico de anelamento (ANN).

Amidos	Quantidade de amido (g)	Quantidade de água (g)
Fécula Branca	324,9	575,1
Cascuda	306,4	593,6
Capora	324,9	575,1
IAC 576/70	334,6	564,4

### 3.5.2 Modificação hidrotérmica por processo de calor/umidade (HTM)

Foram pesadas três amostras de 300g de amido (peso seco) em recipientes de vidro com tampas e receberam água destilada de modo que o teor de água final ficasse com 18, 22 e 26% respectivamente e em seguida foram estocadas em estufa a 100°C por um período de 24h.

Para o cálculo da quantidade de água e amido de cada amostra, considerou-se o teor de umidade das amostras sendo ajustada para as porcentagens desejadas. Na tabela 3 estão indicadas as quantidades de amido e água adicionada nas respectivas amostras de amido.

**Tabela 3.** Quantidades de amido e água destilada utilizados na preparação das amostras para o tratamento hidrotérmico calor/umidade (HTM).

<b>Amidos</b>	<b>Teor de água (%)</b>	<b>Quantidade de amido (g)</b>	<b>Quantidade de água (g)</b>
Fécula Branca	18	337,8	37,8
	22	355,1	55,1
	26	374,3	74,3
Cascuda	18	358,2	58,2
	22	376,6	76,6
	26	396,9	96,9
Capora	18	337,9	37,9
	22	355,2	55,2
	26	374,4	74,4
IAC 576/70	18	328	28
	22	344,8	44,8
	26	363,4	63,4

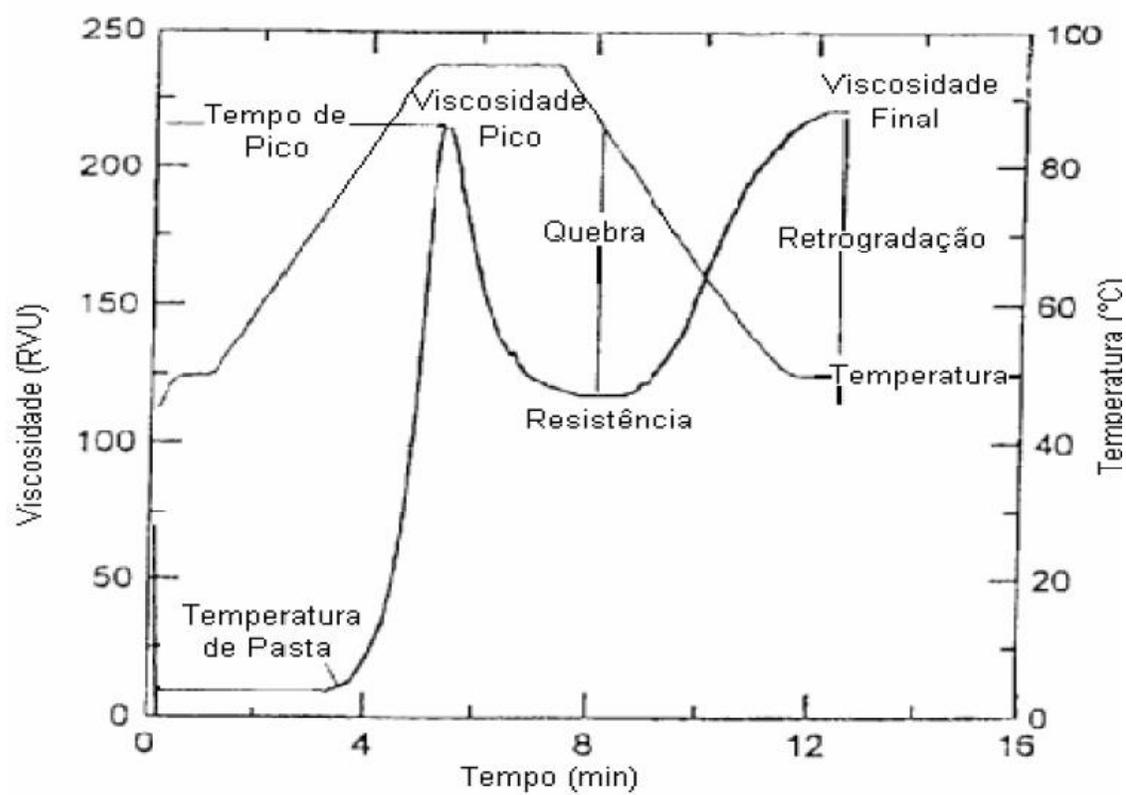
Após o tempo de tratamento, as amostras dos amidos foram secadas em estufa a 35°C por 24h, e em seguida foram processados em moinho de faca para pulverização.

### **3.6 Propriedade de Pasta**

Foram submetidas as análises viscográficas em viscoamilógrafo Rapid Visco Analyser RVA (Figura 6), série 4.0 no programa Newport Scientific Std 2, onde foram pesadas em torno de 2,5g e 25 mL de água destilada (ISSUED MARCH,1998). Conforme a Figura 7.



**Figura 6.** Foto do viscoamilógrafo *Rapid Visco Analyser* RVA.



**Figura 7.** Parâmetros avaliados na curva amilográfica do amido.

A figura 7 mostra o perfil resultante da análise viscográfica de uma amostra de amido onde identificam-se os parâmetros indicativos das suas características viscosidade máxima, viscosidade de pasta, quebra de viscosidade, viscosidade final, tendência de retrogradação, tempo de pico e temperatura de pasta. De cada amostra de amido analisada foram avaliadas estes parâmetros.

### **3.7 Concentração de Amido Resistente**

Para a análise do conteúdo de amidos resistentes nos amidos de mandioca foi utilizada a metodologia proposta por Goni et al (1996) onde as condições fisiológicas (temperatura, tempo de trânsito e pH) do estomago e do intestino são simuladas. Para o início da análise, as amostras foram passadas em uma peneira de malha 100, e de cada amostra de amido foram pesadas 100mg e adicionadas em erlemeyer de 50ml. A cada erlemeyer, foi adicionado 10ml de solução tampão KCL/HCL com pH 1,5, em seguida foi adicionado 0,1 ml de solução pepsina (produto Sigma P-7012). A seguir as amostras foram agitadas e levadas ao banho de água a 40°C/ 60 min, com agitação constante. Foram resfriadas a temperatura ambiente.

A cada erlemeyer foram adicionados 9 ml de buffer trismaleate (produto Acros 26497-0260) 0,1M com pH 6,9 e mais 1 ml de solução  $\alpha$  amilase (produto sigma A-3176). Foi incubado em banho de água a 37°C por 16 horas, com agitação constante. Após, foi filtrado em filtro de papel 11,0/12,5mm descartando o líquido. Foi lavado com mais 10ml de água destilada o resíduo, descartando o filtrado e recuperando o amido residuário aderido ao papel filtro.

Em um béquer, com a ajuda de uma espátula, foi colocado o resíduo que ficou retido no filtro e adicionado 3ml de água destilada. Em seguida, foi colocado o resíduo em um béquer junto com a água, foi levado novamente em um erlemeyer de 50ml, adicionando 3ml de KOH 2M. O material ficou em agitação por 30 minutos em temperatura ambiente.

Em seguida, foram adicionados 5,5ml de HCl 1M, 3ml de tampão acetato de sódio com pH 1,5 e 80  $\mu$ l de amiloglucosidase (produto Sigma A-7255). Foi colocado em banho de água a 60°C por 45 minutos com agitação constante. Em seguida a

solução foi filtrada em filtro de papel 11,0/12,5mm, sendo que o resíduo foi lavado com 10ml de água destilada, utilizando o líquido e descartando o resíduo que ficou no papel filtro.

A quantificação dos amidos resistentes foi obtida utilizando o método de glicose oxidase (GOD). Foi colocado 20 $\mu$ l das amostras obtidas pela análise de amido resistente em tubos de ensaio, com a adição de 2ml do reagente de trabalho. Em seguida, foram colocados em banho de água a 37°C por 10 minutos. Após o banho de água, foi lido em espectrofotômetro a 505nm. A concentração de glicose foi multiplicada por um fator 0,9.

O fator 0,9 é devido a diferença de peso molecular do amido e glicose, por isso, quando se dosa glicose se multiplica por 0,9 para ter amido.

### **3.8 Análise Estatística**

Nos parâmetros de propriedade de pasta, especificados no item 3.6, quanto na análise de amido resistente, especificados no item 3.7, as amostras foram realizadas em triplicata. Os resultados das análises de propriedade de pasta foram testados estatisticamente a nível de significância de 5% (teste Tukey), avaliando o efeito das modificações hidrotérmicas e a variação de viscosidade para idade fisiológica da planta. O programa utilizado foi o SANEST (Sistema de Análise Estatística) feito pelo Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (ZONTA; MACHADO, 1984).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Efeitos dos tratamentos hidrotérmicos**

Após os tratamentos hidrotérmicos aplicados as amostras de amidos foram analisadas no viscoamilógrafo para as propriedades de pasta.

#### **4.1.1 Efeitos do tratamento hidrotérmico anelamento**

Nas tabelas de 4 a 14 estão demonstrados os efeitos nos parâmetros característicos de propriedades de pasta para o tratamento hidrotérmico do tipo anelamento.

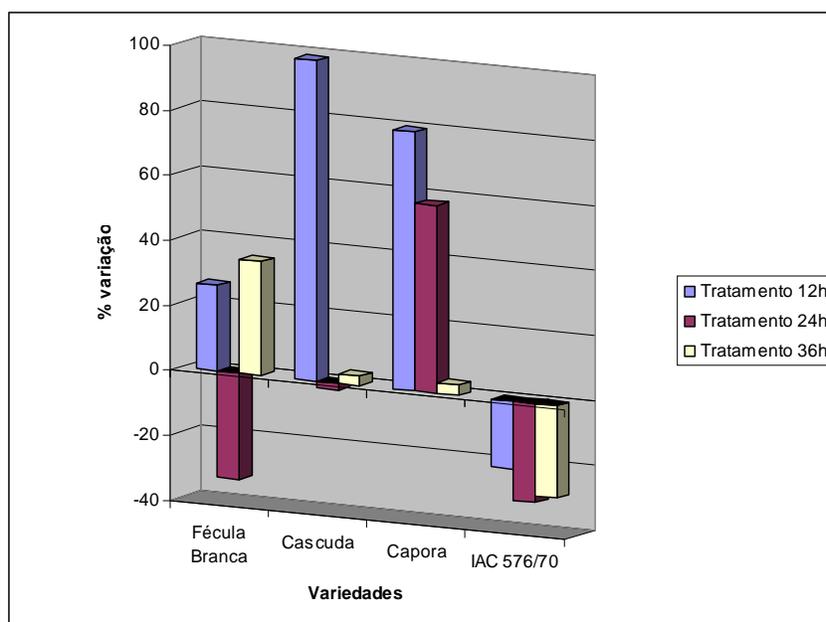
**Tabela 4.** Valores médios de viscosidade máxima obtidas pela análise viscográfica em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	297,31Bb	375,70Aa	+ 26,4	200,50Aa	- 32,6	401,89Ab	+ 35,2
Cascuda	202,03Bc	401,58Aa	+ 98,7	198,06Aa	- 2	208,08Ab	+ 3,0
Capora	208,14Bc	373,97Aa	+79,7	328,22Aa	+ 57,7	214,89Ab	+ 3,2
IAC 576/70	459,64Aa	363,14Ba	- 21,0	318,83Ba	- 30,6	357,97Ba	- 28,4

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada amido não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na Figura 8, observa-se as variações que ocorreram após os tratamentos hidrotérmicos do tipo anelamento, sendo que a maior variação ocorreu no amido Cascuda com o tratamento 12 horas e no amido Fécula Branca.



**Figura 8.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade máxima nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico *annealing*.

Observando a Tabela 4. Nos amidos *in natura* a maior viscosidade máxima é do amido IAC 576/70. Não ocorreu efeito do tipo de amido no tratamento de anelamento no tempo de 12 e 24 horas, ocorrendo apenas a influência deste fator nas 36 horas, onde a maior viscosidade máxima observada foi obtida na IAC 576/70, diferindo dos demais amidos.

Quanto aos tratamentos, houve aumento da viscosidade máxima, não ocorrendo diferenças entre os tempos para todos os amidos, mas o amido IAC 576/70 teve comportamento contrário, ou seja, o tratamento diminuiu a viscosidade máxima.

A viscosidade máxima para amidos de mandioca foi de 200 a 300 RVU, conforme observado por Leonel et al. (2002). No ensaio os valores observados foram os esperados, exceto para o amido da IAC 576/70. A viscosidade elevada significa maior capacidade dos grânulos se oporem às forças de hidratação e gelatinização.

As maiores modificações foram ser observado nos amidos capora e cascuda, principalmente no tratamento com 12h. O amido fécula branca se comportou diferentemente quanto as modificações, pois no tratamento 12h e 36h houve o aumento da viscosidade máxima e no tratamento com 24 ocorreu a diminuição.

Serrano e Franco (2005) realizaram modificações em amidos de mandioca do tipo *annealing* e constataram que as modificações alteraram as propriedade de pasta, principalmente no pico de viscosidade, ocorrendo aumento da sua propriedade.

Alguns autores como Yuan et al (1993) e Song & Jane (2000) acreditam que a temperatura de gelatinização está relacionada com as cadeias de amilopectinas, pois quanto maiores forem, maior será a temperatura de gelatinização, como as cadeias de amilopectinas ramificadas são maiores e como consequência maior é o número de duplas hélices e então requerem maiores temperaturas para se abrir e dissociar os grânulos. Assim, conforme os resultados obtidos, o amido de mandioca IAC 576/70 *in natura* e Fécula Branca (36h) obtiveram a maior viscosidade máxima, e isso pode ser devido ao fato de apresentarem ramificação das cadeias de amilopectinas mais organizadas que os amidos das outras variedades.

Conforme se verifica na Tabela 5, a viscosidade de pasta não apresentou alterações no amido de mandioca IAC 576/70 para todos os tratamentos, sendo que

os demais amidos obtiveram efeito, principalmente os amidos da Cascuda e Capora nos tratamentos 12 e 24 horas.

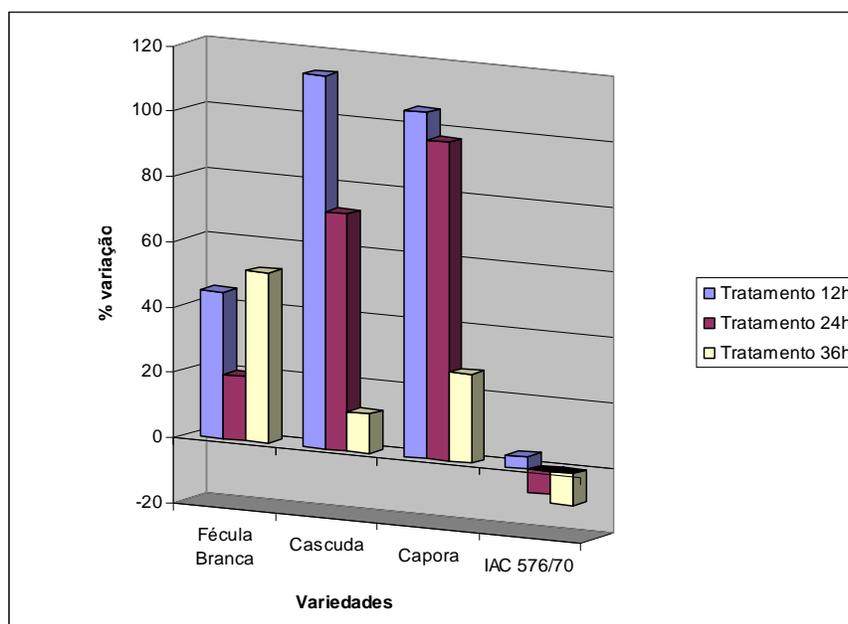
**Tabela 5.** Valores médios de viscosidade de pasta obtidas pela análise viscográficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	111,31Bb	161,33Aa	+ 44,9	133,25Aa	+ 19,7	169,31Ab	+ 52,1
Cascuda	73,58Bc	157,50Aa	+114,05	127,05Aa	+ 72,6	82,44Bb	+ 12,0
Capora	79,20Bc	163,83Aa	+106,9	156,47Aa	+ 97,6	108,78Ab	+ 27,3
IAC 576/70	160,72Aa	166,66Aa	+ 3,7	149,08Aa	- 7,2	146,22Aa	- 9,9

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na Figura 9, verifica-se as variações obtidas na viscosidade de pasta após o tratamento hidrotérmico anelamento.



**Figura 9.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade de pasta nos amidos Fécua Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico *annealing*.

No tratamento com 24h, foi observado efeito nas modificações em todos os amidos, mas principalmente nos amidos Cascuda e Capora. Com relação ao tratamento 36h observou-se modificações em todos os amidos, mas o amido que sofreu maiores mudanças foi a Fécua Branca, seguido da Capora e Cascuda. O amido IAC 576/70 teve um comportamento diferenciado em relação as modificações, sendo que nos tratamentos com 24 e 36h ocorreu a diminuição da viscosidade de pasta.

Quanto à diferença de espécie nos amidos naturais o que obteve maior viscosidade de pasta foi o amido IAC 576/70, vindo depois a fécula branca, e os menores valores que não tiveram diferenças significativas. Já na modificação com 12h e 24h não houve diferença quanto aos amidos e somente o amido IAC 576/70 foi diferente no tratamento com 36h, sendo este o maior valor desta propriedade de pasta.

Os dados indicam que o tratamento produziu maior organização da estrutura molecular dos amidos, pois ocorreu aumento na viscosidade para todos os tratamentos e variedades, ou seja, as forças associativas entre cadeias de amilose e amilopectinas ficaram mais orientadas favorecendo uma maior interação entre elas.

Na tabela 6 são apresentados dados da quebra de viscosidade, sendo que o amido IAC 576/70 ocorreu a diminuição da quebra de viscosidade e nos amidos Fécula Branca, Cascuda e Capora aumentaram.

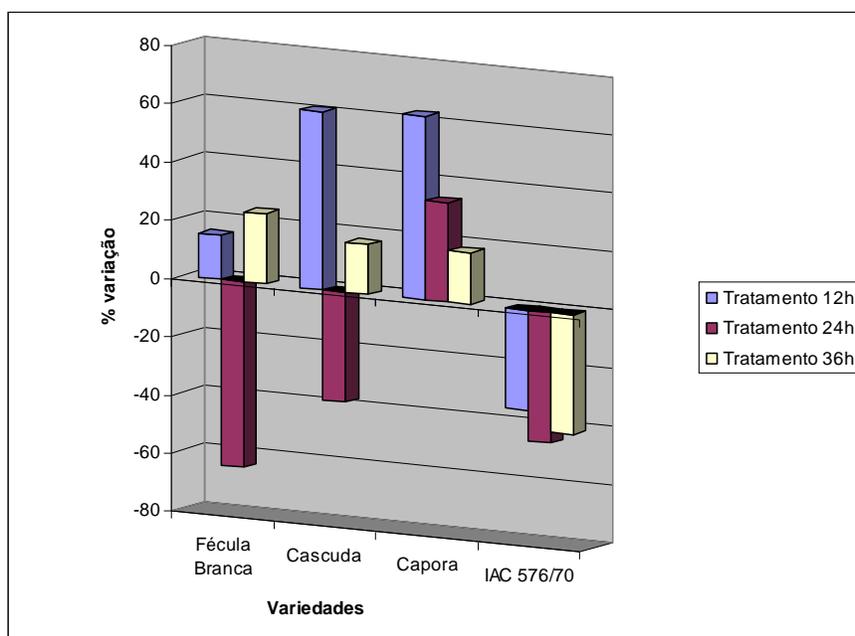
**Tabela 6.** Valores médios de quebra de viscosidade obtidas pela análise viscográficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	186,00Ab	214,36Aab	+ 15,2	133,25Ba	- 63,8	230,89Ab	+ 24,13
Cascuda	151,64Bb	244,03Aa	+ 61,0	127,05Aa	- 37,8	125,64Ab	+ 17,1
Capora	128,95Bb	210,37Aab	+ 63,1	156,47Aa	+ 34,1	106,11Ab	+ 17,7
IAC 576/70	298,92Aa	196,36Bb	- 34,31	149,08Ba	- 44,9	211,75Ba	- 41,2

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

As variações que ocorreram na propriedade de pasta quebra de viscosidade após os tratamento, pode ser visto na Figura 10.



**Figura 10.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta quebra de viscosidade nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico “annealing”.

Quanto ao tratamento com 24h, os amidos de mandioca fécula branca, cascuda e IAC 576/70 ocorreu a diminuição desta propriedade. Já no trabalho de Serrano e Franco (2005) ocorreu o aumento da quebra de viscosidade, mas com exceção do tratamento com 60°C que ocorreu pequena diminuição.

Amidos da amostra de IAC 576/70 indicam menor valor de quebra que indica a interação entre os biopolímeros do composto mantém uma interação mais acentuada que das outras variedades.

Na tabela 7 observa-se valores de viscosidades dos géis na temperatura de 50°C quando termina o ciclo de programas de análises viscográficas.

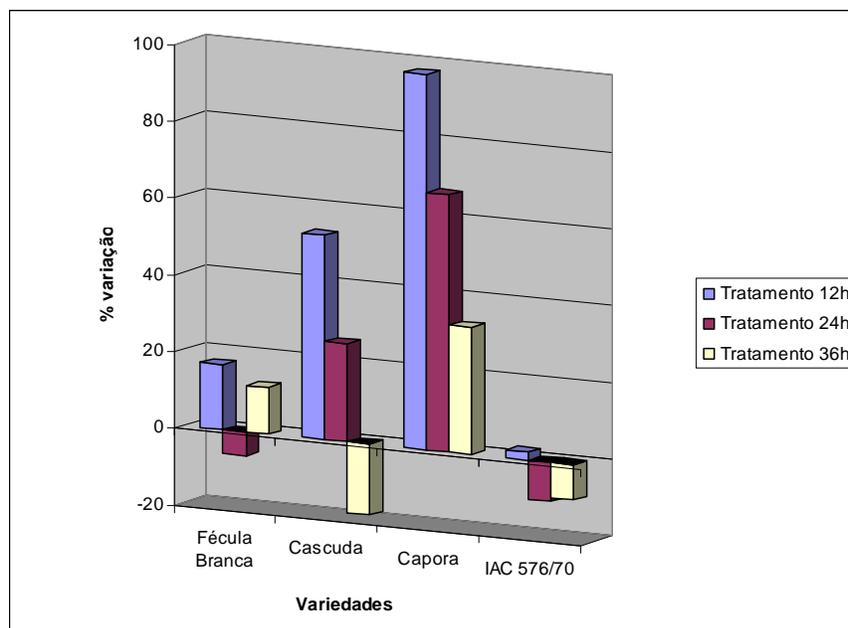
**Tabela 7.** Valores médios de viscosidade final obtidas pela análise viscosográfica em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	204,72Aa	239,03Aa	+ 16,8	192,08Aa	- 6,2	229,61Aa	+ 12,1
Cascuda	145,88Bb	223,50Aa	+ 53,2	183,09Aa	+25,5	123,61Ac	- 18,5
Capora	126,44Bb	249,81Aa	+ 97,6	211,02Aa	+ 66,9	168,31Abc	+ 33,1
IAC 576/70	242,03Aa	246,80Aa	+ 2,0	217,25Aa	- 10,2	218,92Aab	- 9,2

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Para maior visualização, segue-se na Figura 11 as modificações que ocorrem com a viscosidade final, após o tratamento anelamento.



**Figura 11.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade final nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico *annealing*.

No tratamento de 12h os amidos da Capora e Cascuda tiveram variações mais intensas, enquanto que no amido de IAC 576/70 não houve diferença. Quanto ao tratamento 24h houve a diminuição nos amidos Fécula Branca e IAC 576/70, e ocorreu aumento considerável no amido cascuda e grande elevação no amido Capora.

Em todos os amidos houve diferença no comportamento após tratamento com 36h, principalmente na variedade Capora, sendo que nos amidos Fécula Branca e IAC 576/70 ocorreu a diminuição desta propriedade de pasta.

Nos trabalhos realizados por Serrano e Franco (2005), foi observado pequena alteração nesta propriedade de pasta, sendo que a maior diferença foi do tratamento com 60°C.

Para os amidos nativos, a maior viscosidade final foi o IAC 576/70 tendo pouca diferença para Fécula Branca, e a menor foi apresentado pelo amido Capora. Quanto aos amidos modificados, somente no tratamento 36h, as espécies se comportaram diferentemente, onde a Fécula Branca obteve o maior valor, seguido do amido IAC576/70 e Capora e com o menor valor, o amido cascuda.

Trabalhos recentes demonstraram que a viscosidade final dos amidos nativos é em torno de 210 RVU (SHIRAI et al., 2007) e quando observa-se os resultados obtidos neste trabalho, constata-se que os valores estão próximos, somente os amidos Cascuda e Capora tiveram comportamentos diferentes.

Na tabela 8 estão os valores de retrogradação obtidas da diferença entre os valores de viscosidade mínima e final. A retrogradação ocorre devido à diminuição da temperatura de 95 para 50°C que favorece a aproximação das cadeias poliméricas que passam a fortalecer a estrutura tridimensional dos géis e deste modo aumentando a viscosidade.

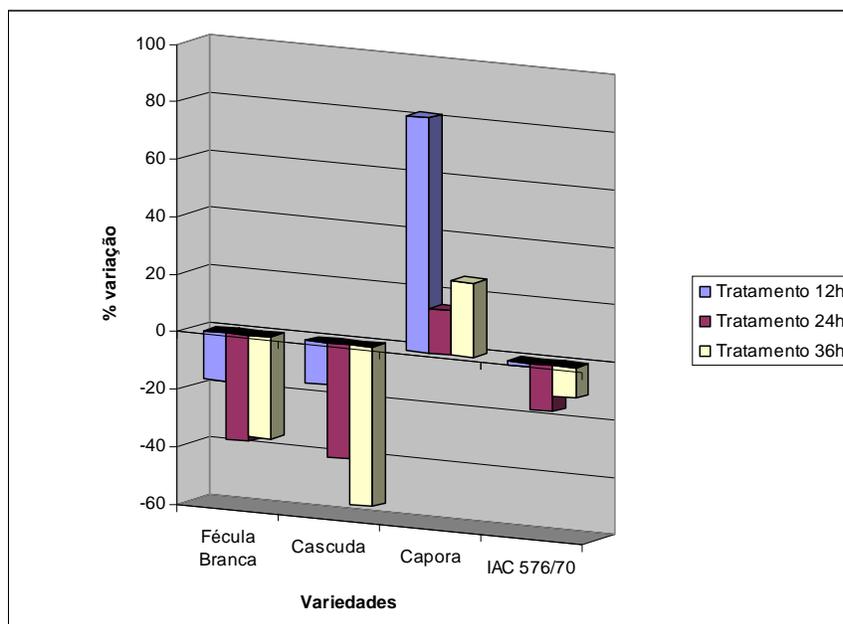
**Tabela 8.** Valores médios de tendência de retrogração obtidas pela análise viscográficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo anelamento realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	93,42Aa	77,70Aa	- 16,8	58,83Ba	- 37,02	60,31Ba	- 35,4
Cascuda	92,86Aa	79,33Aa	- 14,7	56,03Ba	- 39,7	41,28Ba	- 55,5
Capora	47,25Bb	85,90Aa	+ 81,8	54,55Aa	+ 15,4	59,53Aa	+ 25,9
IAC 576/70	81,30Aa	80,14Aa	- 1,4	68,17Aa	- 16,1	72,70Aa	- 10,6

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na propriedade de pasta tendência de retrogradação, todos os tratamentos tiveram modificações em seus comportamentos, principalmente o amido Capora com modificação de tratamento 12h. Para melhor compreensão, a Figura 12 demonstra as variações que ocorrem após os tratamentos.



**Figura 12.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tendência de retrogradação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico *annealing*.

Como pôde ser observado na Tabela 8, na maioria dos tratamentos ocorreram diferenças significativas da tendência de retrogradação, sendo que o amido Cascuda, Fécula Branca com tratamento de 36h obtiveram menores valores comparado aos amidos nativos. A diminuição na tendência de retrogradação tem sido objetivos de pesquisas, pois são características desejadas pelas indústrias alimentícias, especialmente para produtos congelados. Isto pode ser atribuído também devido à presença de matéria graxa e teor de amilose. Segundo Singh et al. (2003) amidos de milho, trigo e arroz apresentam baixos valores de retrogradação.

O amido nativo Capora demonstrou comportamento diferenciado das outras variedades, pois seu valor foi sensivelmente menor em relação aos outros. Quando se compara os tratamentos deste mesmo amido, observa-se que é o único que houve o aumento da tendência de retrogradação.

Com relação aos diferentes amidos, os *in natura* quase todos tiveram o mesmo comportamento, somente o amido da variedade Capora obteve o menor valor. Já nos amidos modificados, todos tiveram o mesmo comportamento, ou seja, não houve nenhuma diferença significativa ao nível de significância de 5%.

Coutinho (2007) observou que a tendência de retrogradação para o amido de mandioca natural foi de 91,4RVU, e de acordo com a tabela 12 os amidos naturais também tiveram o mesmo comportamento, exceto o amido da variedade Capora.

A tabela 9 indica os valores de tempo de pico, ou seja, o tempo que os grânulos de amido começam a se romper e liberar as amiloses e amilopectinas e deste modo inicia um decréscimo na viscosidade do meio.

**Tabela 9.** Valores médios de tempo de pico (min) obtidas pela análise viscosográficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico *annealing* realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	5,82Ba	7,69Aa	+ 32,13	9,20Aa	+ 58,0	6,15Aab	+ 5,7
Cascuda	5,50Ba	7,53Aa	+ 36,9	7,69Ab	+ 39,8	7,87Aa	+ 43,1
Capora	5,51Aa	5,45Ab	- 1,1	8,31Aab	+ 50,8	7,54Aab	+ 37,8
IAC 576/70	5,47Ba	7,84Aa	+ 43,32	8,40Aab	+ 53,6	5,87Ab	+ 7,3

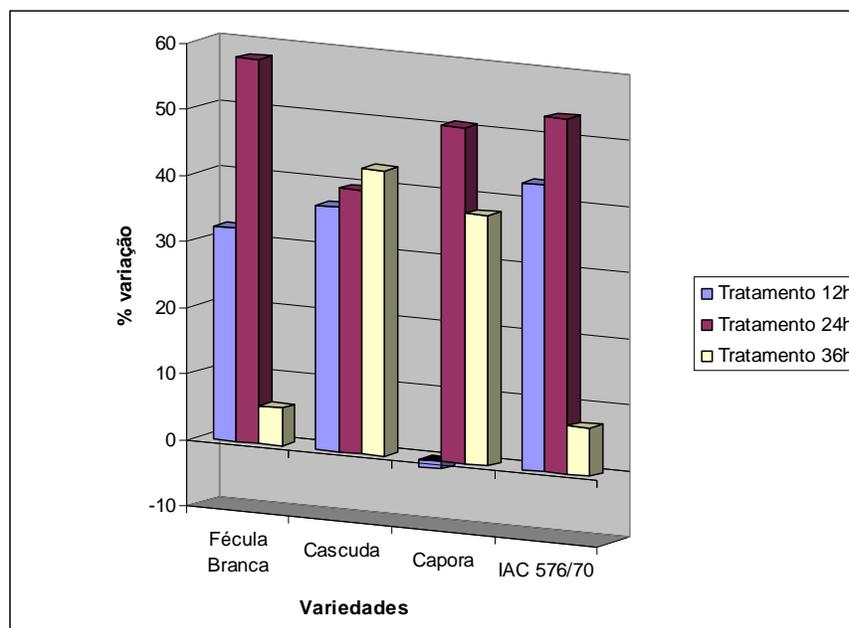
Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey..

Pôde-se constatar que tratamentos hidrotérmicos do tipo anelamento alteraram o tempo de pico, ou seja, o tempo que o amido demora a chegar a seu pico de viscosidade, pois com as modificações há uma reorganização na estrutura molecular dos grânulos de amido.

Os dados indicam que ocorreram mobilidade em regiões amorfas dos grânulos e conforme Thompson (2000), as forças interativas entre os polímeros exigiram mais tempo para se recomporem. Somente o amido Capora do tratamento 12h ocorreu uma pequena diminuição. O tratamento que obteve maiores elevações desta propriedade foi o 24h de estufa, onde seus valores de variação foram maiores de 50%, e pode ser visto na Figura 13. Os demais

tratamentos também tiveram aumentos consideráveis, como por exemplo, na modificação 12h para as variedades Fécula Branca, Cascuda e IAC 576/70.



**Figura 13.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tempo de pico nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico *annealing*.

Quanto as variedades, os amidos *in natura* apresentaram o mesmo comportamento, estando de acordo com as literaturas estudadas (SERRANO & FRANCO, 2005; CEREDA, 2000; COUTINHO, 2007). Nos amidos modificados houve diferenças significativas entre os amidos, sendo que no tratamento 12h o amido Capora obteve o menor valor; no tratamento 24h o maior valor foi o amido Fécula Branca, diferenciando dos demais amidos, e no tratamento 36h o maior valor foi observado no amido da variedade de mandioca Cascuda.

Na tabela 10 estão apresentadas as temperaturas de pastificação ou início da fase de decréscimo da viscosidade originada na maior intensidade de energia que os grânulos podem suportar.

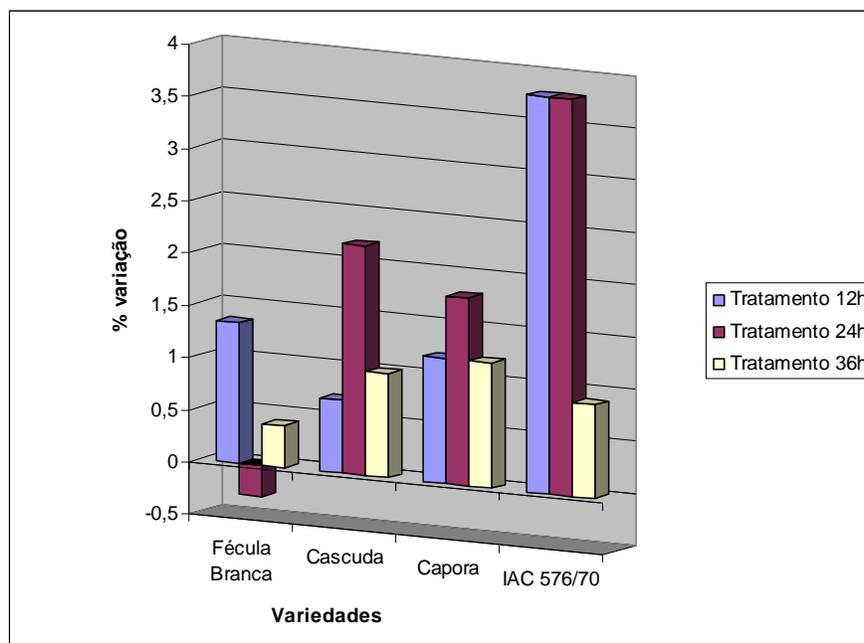
**Tabela 10.** Valores médios de temperatura de pastificação (°C) obtidas pela análise viscosográfica em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico *annealing* realizado nos tempos de 12, 24 e 36 horas.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 12 horas		Tratamento 24 horas		Tratamento 36 horas	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	66,90Aa	67,80Aa	+ 1,34	66,70Aa	- 0,3	66,65Aa	+ 0,4
Cascuda	66,63Aa	67,08Aa	+ 0,7	68,10Aa	+ 2,2	67,33Aa	+ 1,0
Capora	66,75Aa	67,58Aa	+ 1,2	67,95Aab	+ 1,8	67,55Aa	+ 1,2
IAC 576/70	65,87Ba	68,36Aa	+ 3,8	68,40Aa	+ 3,8	66,48Aa	+ 0,9

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Não houve variações significativas, pois somente no amido IAC 576/70 ocorreu aumento de 3,8% para os tratamentos 12h e 24h, demonstrado na Figura 14. Mesmo sendo variações pequenas, em todos os tratamentos ocorreram modificações e somente no amido de mandioca Fécula Branca (24h) ocorreu pequena diminuição na temperatura de pastificação. Em relação ao comportamento das quatro variedades, os amidos *in natura* não tiveram diferenças significativas, como também nos tratamentos com 12 e 36h, e somente no 24h, o amido Capora ocorreu pequena diferença dos demais amidos.



**Figura 14.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta temperatura de pastificação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico *annealing*.

Sabe-se que efeitos das propriedades de pasta obtidos pelo *annealing* são controversos, pois alguns estudos demonstraram diminuição no pico de viscosidade, enquanto que em outros estudos ocorreu o aumento (SERRANO & FRANCO, 2005).

Jane (1997) diz que as propriedades de pasta estão inteiramente relacionadas à fonte botânica, sendo que os amidos de mandioca apresentam menores temperaturas de gelatinização e maior claridade de pasta.

Os tratamentos de anelamento aplicado aos amidos provocaram modificações nas propriedades de pasta houve modificações, principalmente na quebra de viscosidade, tempo de pico (min) e tendência de retrogradação. Estudos realizados por Hjermstad (1971) observaram decréscimo na viscosidade durante o aquecimento de amidos de batata que foram tratados por anelamento. Outras observações foram no pico de temperatura e aumento na tendência de retrogradação.

#### 4.1.2 Efeitos do tratamento hidrotérmico calor/umidade (HTM)

No tratamento calor/umidade o amido foi submetido há uma temperatura alta e com pouca umidade, e deste modo a temperatura ficou acima da “temperatura de transição vítrea”(T<sub>g</sub>) mas abaixo da temperatura de gelatinização para aquele teor de umidade. Neste trabalho os amidos foram colocados em estufa a 100 °C e com umidade final de 18, 22 e 26%. Assim, nas Tabelas de 11 a 17 estão demonstrados os efeitos das propriedades de pasta para o tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade.

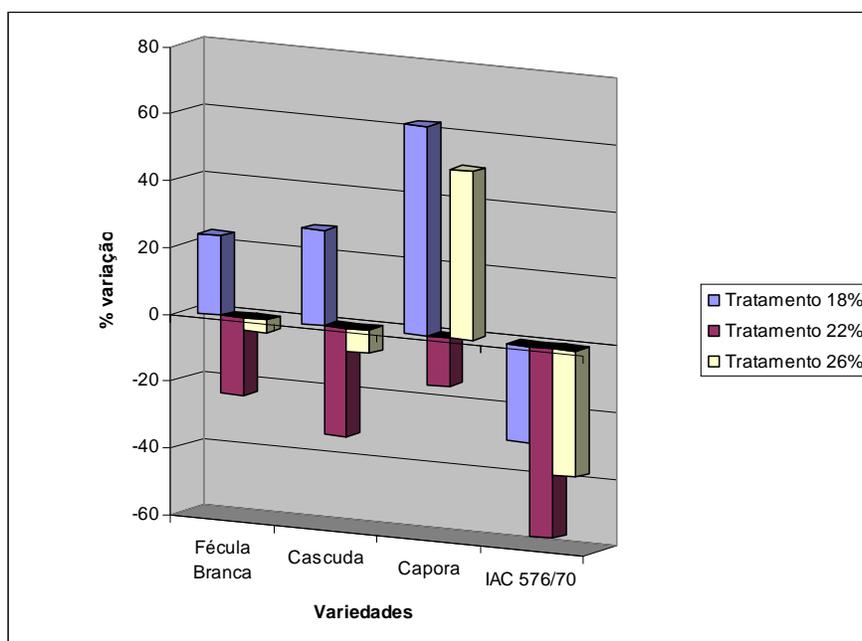
**Tabela 11.** Valores médios de viscosidade máxima obtidas pela análise viscográficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	297,31Ab	367,75Aa	+ 23,7	228,14Aa	- 23,3	285,94Aa	- 3,8
Cascuda	202,03Ac	259,33Aa	+ 28,4	136,42Aa	- 32,5	188,08Aa	- 6,9
Capora	208,14Bc	338,20Aa	+ 62,5	177,94Aa	-14,5	313,28Aa	+ 50,5
IAC 576/70	459,64Aa	326,91Ba	- 28,9	199,17Ba	- 56,7	285,94Ba	- 37,8

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Como pôde ser observado na Tabela 11, todos os amidos sofreram modificações depois que foram submetidos aos tratamentos. A viscosidade máxima foi alterada, principalmente com o decréscimo da viscosidade máxima, pois foram poucos os amidos que tiveram o aumento desta propriedade de pasta. No tratamento com 18%, houve o aumento da viscosidade nos amidos Fécula Branca, Cascuda e Capora, enquanto para o amido da variedade de mandioca IAC 576/70 diminuiu. Neste tratamento destaca-se o amido Capora que teve variação mais pronunciada do que nos outros amidos, como demonstra a Figura 15.



**Figura 15.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade máxima nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

Quanto ao tratamento com 22%, em todas as variedades de mandioca, ocorreu a diminuição da viscosidade máxima, sendo que no amido IAC 576/70 foi mais significativa, vindo depois o amido Cascuda, Fécula Branca e por fim, Capora. Observa-se que este tratamento resulta na diminuição do pico de viscosidade, pois em todos os amidos ocorreu esta modificação. Em relação ao tratamento 26%, ocorreu o aumento desta propriedade no amido Capora, e nos demais ocorreu a diminuição, principalmente com o amido IAC 576/70.

Um estudo realizado com baixa umidade por Moorthy (1994), onde o estudo realizou autoclavagem com diferentes tempos, constatou que houve modificações nas propriedades de pasta, principalmente no pico de viscosidade, deixando o amido com baixa viscosidade, mas estável. O enfatiza que a importância pelo fato de não adição de produtos químicos, assim, conseguiu alterações importantes no amido deixando-o ainda natural.

Com relação as quatro variedades, somente nos amidos *in natura* ocorreram diferenças significativas, pois nos demais tratamentos todos tiveram o mesmo comportamento, ou seja, sem alteração ao nível de 5%.

Na tabela 12 estão os resultados de viscosidade de pasta, onde observa-se que todos os amidos ocorreram alterações. Estas mudanças foram muito proeminentes, ou seja, as variações chegaram há mais de 100%. Na maioria, houve o aumento desta propriedade, e somente no amido IAC 576/70 (22%) não houveram modificações mais pronunciadas.

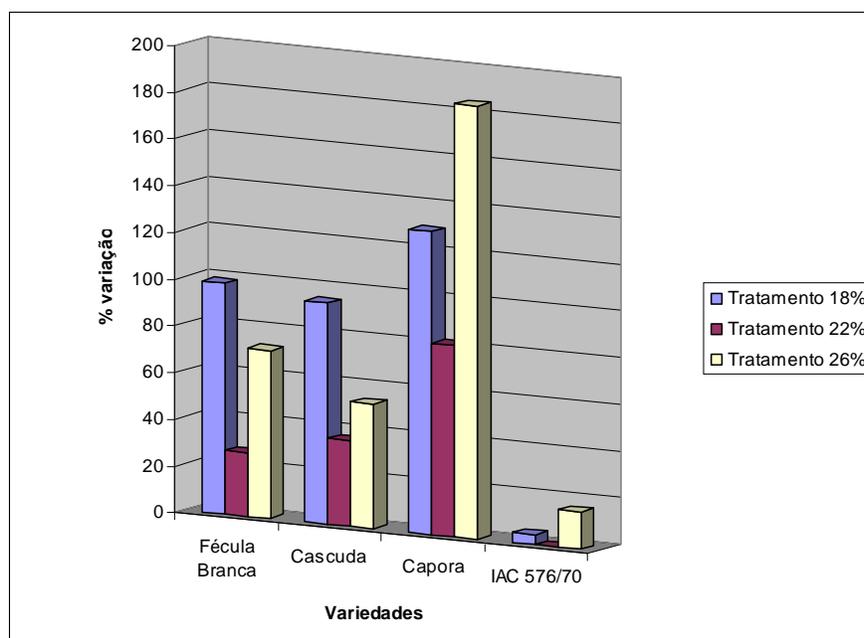
**Tabela 12.** Valores médios de viscosidade de pasta obtidas pela análise viscográfica em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	111,31Bb	221,17Aa	+ 98,7	141,56Aa	+ 27,2	191,36Ba	+ 71,9
Cascuda	73,58Bc	143,20Ab	+ 94,6	100,72Ab	+ 36,9	112,94Bb	+ 53,5
Capora	79,20Bc	182,03Aab	+ 129,8	144,17Aa	+ 82,0	226,03Ab	+ 185,4
IAC 576/70	160,72Aa	167,42Aab	+ 4,2	160,81Aa	+ 0,1	Ba	+ 16,0

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

No tratamento com 18%, houve aumento elevado, principalmente nos amidos Capora, Fécula Branca e Cascuda, respectivamente, e o amido IAC 576/70 houve uma pequena elevação. O mesmo ocorreu no tratamento com 22 e 26%, onde o amido que sofreu mais alteração foi a variedade do amido Capora, pois no tratamento com 26% o resultado da variação foi de 185,4%. Pode-se obter maior compreensão na Figura 16.



**Figura 16.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade de pasta nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

Em todos os tratamentos o amido IAC 576/70 não sofreu muita modificação. Com isso, pôde-se constatar que as modificações aumentam a viscosidade de pasta em quase todos os amidos, com exceção do amido IAC 576/70.

Com relação as variedades de amidos, no tratamento 18%, somente o amido Fécula Branca teve diferença significativa, obtendo o maior valor. Já no tratamento 22%, três variedades tiveram o mesmo comportamento, e somente o amido Cascuda que teve a viscosidade de pasta menor. Quanto ao tratamento com 26% de umidade, os amidos Fécula Branca e IAC 576/70 tiveram valores iguais significativamente, e os amidos Cascuda e Capora foram não tiveram diferenças, porém com valores menores comparados as outras duas variedades.

Na Tabela 13, em todos os tratamentos ocorreram modificações nos amidos, sendo que houve a diminuição da quebra de viscosidade.

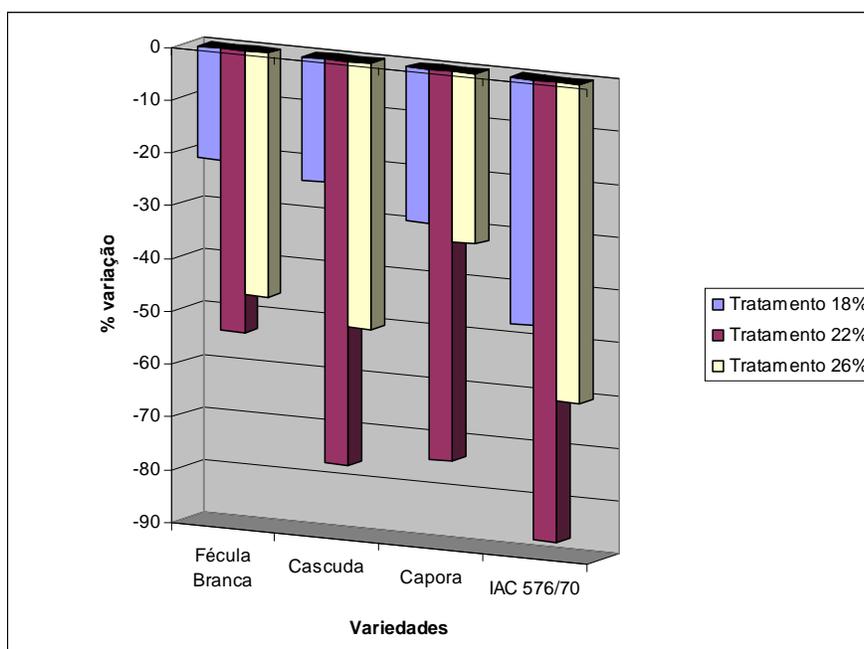
**Tabela 13.** Valores médios de quebra de viscosidade obtidas pela análise viscográficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	186,00Ab	146,58Aa	- 21,2	86,58Ba	- 53,4	99,91Ba	- 46,3
Cascuda	151,64Ab	116,14Aa	- 23,4	35,69Ba	- 76,5	75,14Ba	- 50,4
Capora	128,95Ab	156,16Aa	- 29,2	33,78Ba	- 73,8	87,25Aa	- 32,3
IAC 576/70	298,92Aa	159,50Ba	- 46,6	38,36Ba	- 87,2	118,22Ba	- 60,4

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

No tratamento 18%, a diminuição mais proeminente foi no amido da variedade de mandioca IAC 576/70, ou seja, a porcentagem de variação foi maior do que nas outras variedades, como pode ser visto na Figura 17.



**Figura 17.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta quebra de viscosidade nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

No tratamento 22% ocorreram diminuições muito significativas, pois nos amidos *in natura* a quebra de viscosidade chegou a 298, 92RVU, depois de modificado foi para 38,36RVU (IAC 576/70). Os valores da variação ficaram negativos quando comparados ao comportamento dos amidos naturais devido ao fato das viscosidades de pasta (Tabela 16), apresentaram-se mais elevados, ou seja, o tratamento organizou e aumentou a estrutura molecular dos biopolímeros.

Jacobs e Delcour (1998) observaram aumento nas temperaturas de gelatinização em amidos após tratamento calor/umidade.

No tratamento 26%, as modificações também foram significativas, sendo que a maior variação encontrada foi no amido IAC 576/70, seguida da variedade Cascuda, Fécula Branca e Capora, respectivamente. Em todos os tratamentos, o amido de mandioca IAC 576/70 foi o mais significativo. Assim, pôde-se verificar que os tratamentos por calor/umidade diminuem a quebra de viscosidade significativamente. Quanto as variedades de amido de mandioca, não existiu diferença de comportamento em nenhum tratamento.

Na tabela 14 observa-se que tratamentos calor/umidade propiciaram aumento muito elevado em quase todos os amidos para a propriedade de pasta viscosidade final, sendo que em alguns amidos essa modificação foi mais significativa.

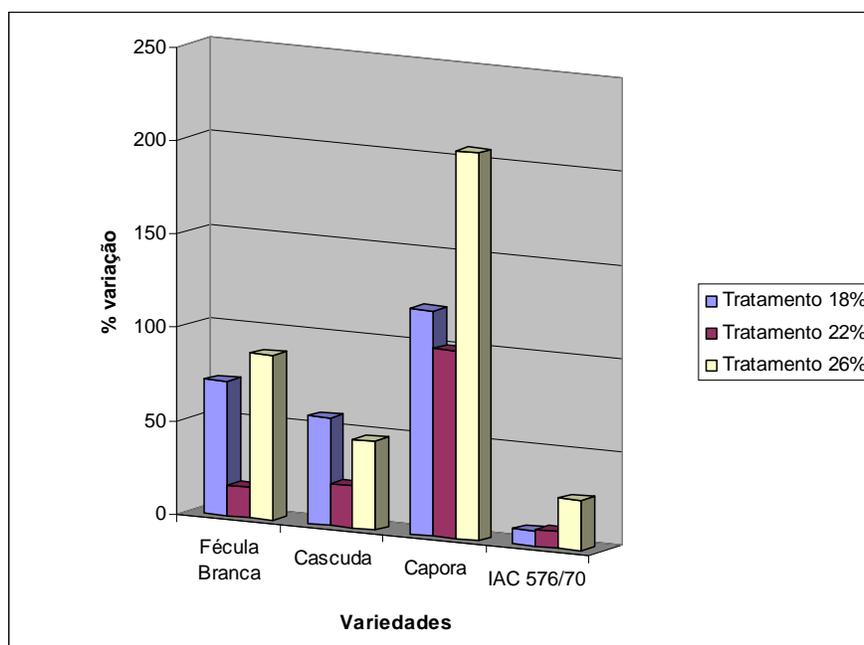
**Tabela 14.** Valores médios de viscosidade final obtidas pela análise viscosográfica em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	204,72Ba	351,28Aa	+ 71,6	238,19Aab	+ 16,3	384,97Aa	+ 88,0
Cascuda	145,88Bb	229,78Ab	+ 57,5	178,53Ab	+ 22,4	215,31Ab	+ 47,6
Capora	126,44Bb	278,70Aab	+ 120,4	253,06Aa	+ 100,1	388,36Aa	+ 207,1
IAC 576/70	242,03Aa	262,17Aab	+ 8,3	262,80Aa	+ 9,0	306,05Aab	+ 27,0

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Verificando o tratamento com 18% de umidade, observa-se que o amido de mandioca Capora foi o que mais aumentou, e o que teve o menor aumento foi o amido de mandioca IAC 576/70, os demais amidos tiveram modificações significativas. Em todos os tratamentos ocorre a mesma coisa, ou seja, um grau muito elevado para o amido Capora e uma pequena modificação para o amido IAC 576/70, demonstrado na Figura 18.



**Figura 18.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta viscosidade final nos amidos Fécua Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

Nas variedades de amido, ocorreram diferenças significativas em todos os tratamentos, sendo que no tratamento 18% o maior valor de viscosidade final foi do amido de mandioca Fécua Branca, seguido da Capora, IAC 576/70 e por fim o amido de mandioca Cascuda. As mesmas variações ocorreram nos outros tratamentos.

Na tabela 15 onde valores das propriedades de pasta tendência de retrogradação foram muito alteradas em alguns amidos depois que foram submetidos ao tratamento calor/umidade, e isto ocorreu principalmente no amido de mandioca Capora, onde houve uma variação de mais de 200% para o tratamento de 26% de umidade.

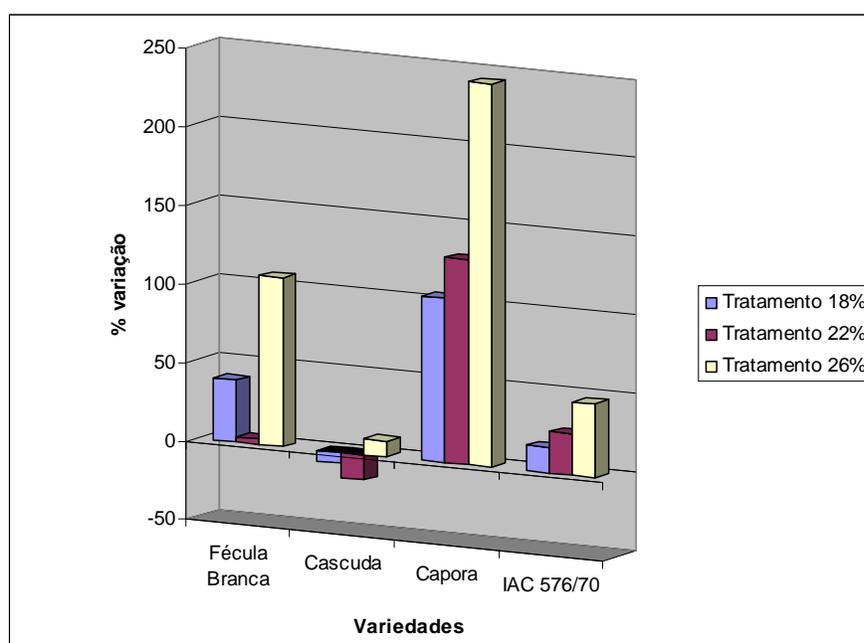
**Tabela 15.** Valores médios de tendência de retrogradação obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	93,42Ba	130,11Aa	+ 39,3	96,64Aa	+ 3,4	193,61Aa	+ 107,2
Cascuda	92,86Aa	86,58Ab	- 6,8	77,81Aa	- 16,2	102,36Ac	+ 10,2
Capora	47,25Bb	96,66Ab	+ 104,6	108,89Aa	+ 130,4	162,33Aab	+ 243,5
IAC 576/70	81,30Aa	94,75Ab	+ 16,5	102,89Aa	+ 26,5	119,53Abc	+ 47,0

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na Figura 19, constam-se as variações que ocorreram na tendência de retrogradação após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.



**Figura 19.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta de retrogradação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

Em todos os tratamentos, todos os amidos sofreram o aumento da tendência de retrogradação, com exceção do amido de mandioca Cascuda nos tratamentos com 18% e 22%. O amido Fécula Branca sofreu grande alteração no tratamento 26%, e o amido IAC 576/70 sofreu modificações, mas não significativas quanto os outros amidos.

Quanto as mudanças de comportamento por variedades, no tratamento 18% o amido Fécula Branca foi o único que apresentou diferença significativa, tendo o maior valor de tendência de retrogradação. Já no tratamento 22%, não houve diferença. No tratamento 26%, ocorreram mais diferenças, sendo que o maior valor foi no amido Fécula Branca, e o menor o amido de mandioca Cascuda.

Observando a Tabela 16, pôde-se constatar que em todos os tratamentos os amidos sofreram alterações em seu tempo de pico, sendo que as maiores variações encontradas foram no amido de mandioca Capora para os tratamentos 22 e 26%; Cascuda (22%) e Capora (26%).

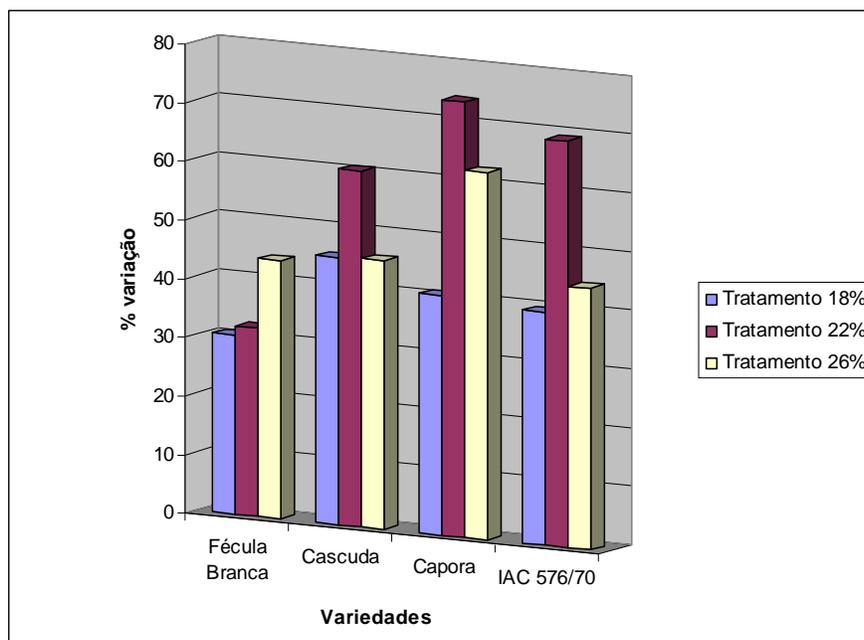
**Tabela 16.** Valores médios de tempo de pico (min) obtidas pela análise viscosgráficas em RVA das amostras de amido in natura e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	5,82Ba	7,60Aa	+ 30,6	7,69Ab	+ 32,1	8,38Aab	+ 44,0
Cascuda	5,50Ba	8,02Aa	+ 45,5	8,84ab	+ 60,7	8,02Ab	+ 45,8
Capora	5,51Ba	7,76Aa	+ 40,8	9,60Aa	+ 74,2	8,96Aa	+ 62,6
IAC 576/70	5,47Ba	7,64Aa	+ 39,7	9,29Aa	+ 69,3	7,91Ab	+ 44,6

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

As variações que ocorreram no tempo de pico após o tratamento, podem ser vistas com mais clareza na Figura 20.



**Figura 20.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta tempo de pico nos amidos Fécua Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

Em todas as modificações por calor/umidade, as variações foram consideráveis, pois atingiram variações de mais de 30%, sendo assim mudanças significativas. Com relação as quatro variedades, no tratamento 18% os amidos não tiveram diferenças significativas. Já com o tratamento 22% os maiores valores foram encontrados nos amidos IAC 576/70 e Capora, e para o tratamento 26% o amido Capora também foi o maior valor.

Estes valores coincidem com os valores observados por outros autores (HOOVER E VASANTHAN, 1994; LORENZI AND KULP, 1982; STUTI, 1992), indicando os efeitos do tratamento aplicado a amidos de diferentes fontes botânicas.

Na Tabela 17, foram poucas as alterações que ocorreram para a propriedade de pasta temperatura de pastificação, e isso vem demonstrar que os tratamentos não modificam significativamente esta propriedade de pasta.

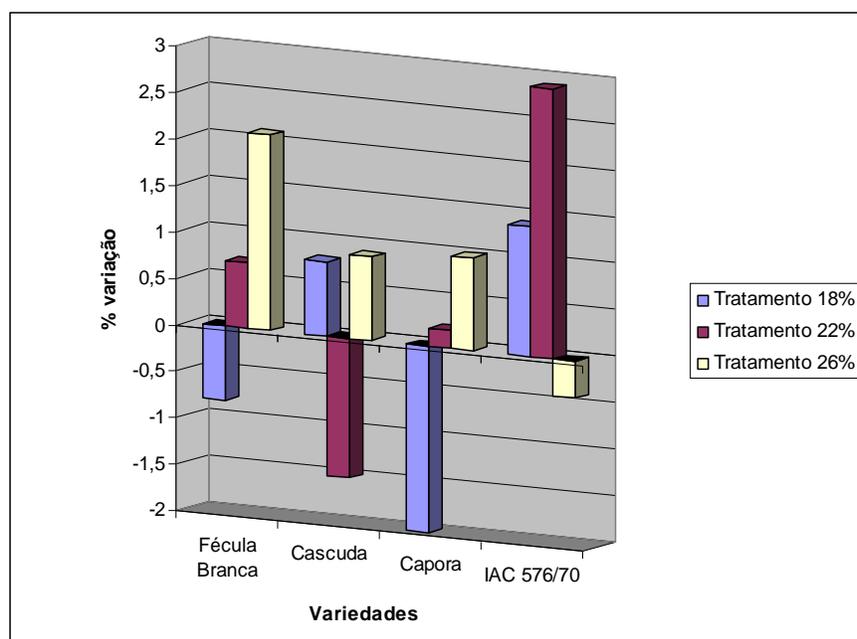
**Tabela 17.** Valores médios de temperatura de pastificação (°C) obtidas pela análise viscosográfica em RVA das amostras de amido *in natura* e após tratamento hidrotérmico do tipo calor/umidade realizado nas umidades de 18, 22 e 26 %.

Amidos	<i>in natura</i>	Tratamento 18 %		Tratamento 22 %		Tratamento 26 %	
		modificado	% variação	modificado	% variação	modificado	% variação
Fécula Branca	66,90Aa	66,40Aab	- 0,8	67,40Aa	+ 0,7	68,30Aa	+ 2,1
Cascuda	66,63Aa	67,20Aa	+ 0,8	65,60Ab	- 1,5	67,20Aa	+ 0,9
Capora	66,75Aa	65,90Bb	- 2,0	66,90Aab	+ 0,2	67,40Aa	+ 1,0
IAC 576/70	65,87Aa	66,77Aab	+ 1,4	67,80Aa	+ 2,9	65,60Ab	- 0,4

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Na Figura 21 estão as variações que ocorreram após o tratamento hidrotérmico calor/umidade na propriedade de pasta temperatura de pastificação.



**Figura 21.** Porcentagem de variação ocorrida na propriedade de pasta temperatura de pastificação nos amidos Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70, após o tratamento hidrotérmico calor/umidade.

Lewandowicz et al (2000) citado por Cereda et al (2003), relataram que quando os amidos de mandioca são submetidos a radiações de micro-ondas, tratadas com umidade de 35%, há o aumento na gelificação, como também a redução da solubilidade e a mudança na cristalinidade do grânulo do amido. Ainda Cereda et al (2003), verificaram que este tratamento é semelhante ao tratamento calor/umidade, pois submete o amido a uma temperatura alta com pouca umidade, evitando a geleificação, pois não há uma quantidade suficiente para que isso ocorra.

Um aumento na temperatura de viscosidade, um baixo valor de pico e alteração na viscosidade final para os amidos de mandioca tratados por calor/umidade foram observados por Lorenzi and Kulp (1982) e Abraham (1993). Os valores observados para as amostras estudadas mostraram comportamentos semelhantes.

Em relação aos dois tratamentos realizados, pôde-se verificar que nos tratamentos por anelamento as alterações mais significantes foram: viscosidade máxima, viscosidade de pasta, tendência de retrogradação e tempo de pico em minutos, principalmente no tratamento com 12 horas de estufa. Nos tratamento calor/umidade as alterações mais proeminentes foram viscosidade de pasta, viscosidade final e tempo de pico. Em todos os tratamentos, todas as variedades de amido tiveram o aumento do tempo de pico, e isso pode ser devido a maior reorganização das cadeias polissacarídeas, ficando mais difícil o rompimento dos grânulos dos amidos para que atinja a viscosidade máxima.

Um outro aspecto constatado é que muitos amidos tiveram a diminuição da tendência de retrogradação, principalmente nas variedades Fécula Branca e Cascuda, e isso ocorreu nos tratamentos de anelamento. Já nas modificações calor/umidade em alguns amidos houve o aumento da tendência de retrogradação nos amidos Fécula Branca e Capora. Nisso, verificou-se que tanto na modificação hidrotérmica “*annealing*” quanto no calor/umidade, todos os amidos sofreram o efeito dos tratamentos em alguma propriedade de pasta, mas os amidos que tiveram mais alterações foram: Fécula Branca, IAC 576/70 e Capora, o amido Cascuda que teve menores alterações nas modificações e isso pode ser devido alguma diferença em sua estrutura que impede modificações.

#### **4.2 Efeitos nas propriedades de pasta para idade fisiológica em amidos de mandioca de duas variedades**

Na análise da idade fisiológicas dos amidos, foram usadas as variedades de amido de mandioca IAC 576/70 e Fécula Branca, onde se avaliou 6 meses de tempo de cultivo. Na Tabela 18, estão demonstradas as propriedades de pastas analisadas.

**Tabela 18.** Valores médios de propriedades de pasta obtidos pela análise viscográfica em RVA para as amostras de amidos *in natura* para as idades fisiológicas.

Idades Fisiológicas	Viscosidade Máxima		Viscosidade de Pasta		Quebra de Viscosidade		Viscosidade Final		Tendência de Retrogradação		Tempo de Pico (min)		Temperatura de Pastificação °C	
	Fécula Branca	IAC 57670	Fécula Branca	IAC 57670	Fécula Branca	IAC 57670	Fécula Branca	IAC 57670	Fécula Branca	IAC 57670	Fécula Branca	IAC 57670	Fécula Branca	IAC 57670
10 meses	386,30Da	433,36Ba	83,94Cb	100,25Ca	302,36Aa	333,11BCa	171,06Cb	206,78ABa	87,11BCb	106,53ABa	4,20BCb	4,62ABa	63,65ABb	64,47Aa
11 meses	535,58ABa	522,00Aa	121,25Aa	127,94ABa	414,33Aa	393,41ABa	229,74Aa	240,06Aa	118,81Aa	101,28ABCb	4,53ABa	4,17CDa	63,98Aa	62,88BCb
12 meses	501,67ABCb	573,7Aa	112,16ABa	112,00BCa	322,84Ab	461,17Aa	227,61Aa	232,00Aa	115,22Aa	120,00Aa	4,07Ca	4,05Da	62,73BCb	62,85BCa
13 meses	438,25Cdb	550,03Aa	98,72BCb	125,03ABa	339,63Ab	425,00ABa	188,39BCb	230,64Aa	90,02BCb	105,61ABa	4,20BCa	4,45BCa	62,52Ca	61,98Ca
14 meses	451,50BCDa	369,75Bb	112,72Aba	103,72Ca	338,77Aa	266,03Ca	190,83BCa	185,47Ba	78,11Ca	81,75Ca	4,67Ab	4,93Aa	62,56Ca	62,46Ca
15 meses	539,44Aa	558,36Aa	112,97ABb	131,75Aa	426,47Aa	426,61ABa	212,86ABa	224,86Aa	99,88ABa	93,11BCa	4,27BCb	4,53BCa	63,77Aa	63,63ABa

Nota: Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna para cada variedade de amido em cada propriedade de pasta iguais não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma linha para cada propriedade de pasta iguais não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

De acordo com os dados (Tabela 18) observou-se que ocorreram diferenças significativas entre os amidos com idades de 12 e 13 meses, com maior viscosidade máxima para o amido IAC 576/70 e no mês de novembro para a fécula branca. Nos demais meses não foram observadas diferenças entre os amidos para esta propriedade de pasta. Já analisando a influência dos meses dentro de cada amido, observou-se diferenças significativas entre os meses, sendo que na fécula branca a menor viscosidade máxima foi observada no mês de julho. Contudo, esta viscosidade máxima não diferiu significativamente das obtidas nos meses de outubro e novembro. Para o amido IAC 576/70 as menores viscosidades máximas foram obtidas nos meses de julho e novembro.

Em relação a viscosidade de pasta somente no mês de julho que não houve diferença entre os amidos, mas nos meses de agosto, setembro e novembro os maiores valores foram no amido fécula branca e no mês de dezembro a maior viscosidade de pasta foi no amido IAC 576/70. Analisando os diferentes meses os amidos que tiveram menores viscosidades de pasta para o amido fécula branca foram os meses julho, outubro e dezembro, ficando os maiores valores para agosto, setembro e novembro. Nos amidos IAC 576/70 não houve diferença.

Na propriedade de pasta quebra de viscosidade nos meses julho, agosto, outubro, novembro e dezembro o amido fécula branca teve o maior valor, no mês de setembro não houve diferença. Com relação a influência dos meses somente o mês de setembro que diferiu dos outros meses, sendo este o menor valor dentro do amido fécula branca. Já nos amidos IAC 576/70 nenhum foi diferente.

Os amidos IAC 576/70 nos meses julho, outubro, novembro e dezembro tiveram os maiores valores em relação aos amidos fécula branca na propriedade de pasta viscosidade final e nos meses agosto e setembro não houve diferença. Quanto aos meses, somente no mês de julho que teve diferença para o amido fécula branca, e no amido IAC 576/70 não ocorreu diferença.

A tendência de retrogradação em alguns amidos houve diferenças quanto suas variedades, ou seja, nos meses de julho e outubro o amido que teve o maior valor de tendência de retrogradação foi a variedade IAC 576/70, já nos meses agosto e dezembro a fécula branca que foi a maior. Nos demais meses não houve diferença significativa. No amido da variedade fécula branca somente nos meses de julho e outubro tiveram diferenças em

relação aos outros meses, ou seja, os seus valores de retrogradação foram menores do que os outros meses. Já na variedade IAC 576/70 o único mês com a tendência de retrogradação menor foi agosto.

No tempo de pico os amidos que tiveram diferenças foram: julho, agosto e setembro, sendo que no mês de julho o maior valor foi na variedade IAC 576/70 e nos meses de agosto e setembro a fécula branca predominou. Analisando as influências dos meses, os meses julho, agosto e novembro foram os que tiveram menor tempo de pico, e no amido IAC 576/70 o mês que diferiu dos demais meses foi agosto, com o menor valor.

Por fim, na propriedade de pasta temperatura de pastificação os meses setembro, outubro e novembro não tiveram diferenças em relação as duas variedades de amido, mas os meses outubro e novembro tiveram os menores valores. Nos meses de julho o amido IAC 576/70 prevaleceu, e nos agosto e dezembro o amido fécula branca mostrou o maior valor. Quanto aos meses colhidos para a variedade fécula branca, os meses julho e setembro foram os menores valores, mas não diferiram entre si. No amido IAC 576/70 o único mês que houve diferença foi o mês de agosto com a menor temperatura de pastificação.

Analisando a tabela como um todo, observou-se que em todas as propriedades de pasta, nos meses colhidos, os amidos fécula branca e IAC 576/70 tiveram diferenças significativas. Isso prova que diferentes variedades têm comportamentos diferentes, pois deve ser devido há diferenças fisiológicas, e em suas estruturas moleculares. Quanto aos diferentes meses, observou-se que foram poucas as diferenças, mas os meses que mais tiveram diferenças foram setembro e outubro.

Um estudo realizado por Feniman (2004) colheu 24 plantas da variedade de mandioca IAC 576/70 em dois diferentes tempos de plantio aos 12 e 15 meses de idade, sendo que das 24 plantas eram selecionadas 5 raízes de tamanho mais representativo, ou seja, um tamanho médio. Neste trabalho foi extraído amido das raízes escolhidas e realizou-se a análise de propriedade de pasta, sendo que nos 12 meses de tempo de plantio a viscosidade máxima ficou 288 RVU e com 15 meses 318 RVU. Neste presente trabalho, os tempos de plantio 12 e 15 meses também foram colhidas raízes de mandioca, representado pelos meses setembro e dezembro de 2007, sendo que as viscosidades máximas foram 573,70 RVU e 558,36 RVU, respectivamente. Diferente do que encontrado na pesquisa de Feniman (2004), como também em outras literaturas.

As outras propriedades de pasta demonstradas pela mesma autora para os tempos de plantio 12 e 15 meses foram respectivamente: quebra de viscosidade (RVU) 18 e 23, viscosidade final (RVU) 174 e 179, tendência de retrogradação (RVU) 86 e 94, tempo de pico (min.) 6 e 5, temperatura de pasta (°C) 66 e 66. Já nesta pesquisa, foram encontrados valores bem acima desta referência sendo que nos tempos de plantio 12 e 15 meses de idade (setembro e outubro) a quebra de viscosidade foi de 461,17 e 426,61RVU, a viscosidade final foi de 232,00 e 224,86RVU, tendência de retrogradação 120 e 93,11RVU, tempo de pico 4,05 e 4,53 min., temperatura de pastificação 62,85 e 63,63°C.

Os únicos valores menores desta pesquisa foram os tempos de pico e temperatura de pastificação, pois os demais valores alguns tiveram pouca diferença e outros com valores totalmente maiores. Estas diferenças podem estar relacionada a pluviosidade e temperatura da época de colheita. Peroni (2003) também encontrou um valor de viscosidade máxima bem abaixo comparado com esta pesquisa.

Na Tabela 19, encontram-se a pluviosidade e temperaturas relatadas durante a colheita e extração dos amidos de mandioca das variedades Fécula Branca e IAC 576/70.

**Tabela 19.** Temperaturas e Pluviosidades mensais no município de Botucatu-SP durante o desenvolvimento da pesquisa.

<b>Meses</b>	<b>Temperatura Mensal (°C)</b>	<b>Pluviosidade Mensal (mm)</b>
Julho	17,72	5,75
Agosto	20,40	0,0
Setembro	23,05	0,31
Outubro	23,86	2,51
Novembro	21,99	5,83
Dezembro	22,75	5,82

Fonte: Departamento de Ciências Ambientais-FCA. UNESP-Botucatu

No presente trabalho a média da temperatura dos meses que ocorreu a colheita das ramas de mandioca foi de 21,6 °C. Essa temperatura situa-se um pouco abaixo do recomendado para a colheita de mandioca, aonde o ideal é de 23 a 25°C (LORENZI & DIAS, 1993).

Com relação a pluviosidade, na época da colheita, existiu pouca chuva durante este período, mas o mês que se destacou com mais chuva foi dezembro, sendo que no dia 12 de dezembro a precipitação pluvial foi de 44,1mm, mas como foram poucos os dias que ocorreram chuvas, a média de cada mês foi muito baixa. Lorenzi e Dias (1993) indica que a mandioca pode ser cultivada em regimes hídricos de 600 a 4000mm, sendo o ideal de 1000 e 1500mm, principalmente nos seis primeiros meses. Neste trabalho ocorreram índices muito mais baixos do que o ideal.

### **4.3 Concentração de Amido Resistente**

#### **4.3.1 Concentração de amido resistente (AR) nos amidos in natura e submetidos aos tratamentos do tipo anelamento e calor/umidade.**

Na Tabela 20, encontram-se a média de cada valor encontrado de amido resistente nos amidos submetidos aos tratamentos hidrotérmicos.

**Tabela 20.** Valores médios de amido resistente obtidos na análise em amostras de amidos in natura e após tratamento hidrotérmico dos tipos *annealing* realizados nos tempos de 12, 24 e 36 horas e calor/umidade nas concentrações de 18, 22 e 26%.

Amostras	% Amido Resistente						
	<i>in natura</i>	Tratamento <i>annealing</i>			Tratamento calor/umidade		
		12h	24h	36h	18%	22%	26%
Fécua Branca	10,53Bb	14,31Ab	21,77Aa	21,51Aa	28,00Aab	37,41Aa	31,36Aa
Cascuda	19,76Aa	22,39Aa	18,35Aa	14,66Aa	17,47Ab	6,94Bc	17,38Ab
Capora	20,18Aa	17,91Aab	17,82Aa	14,66Aa	18,87Aab	17,56Ab	16,86Ab
IAC 576/70	21,34Ba	13,61Cb	15,19Ca	23,61Ba	30,02Aa	15,71Cb	24,9Bab

Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada tratamento não diferem, comparado ao *in natura*, ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

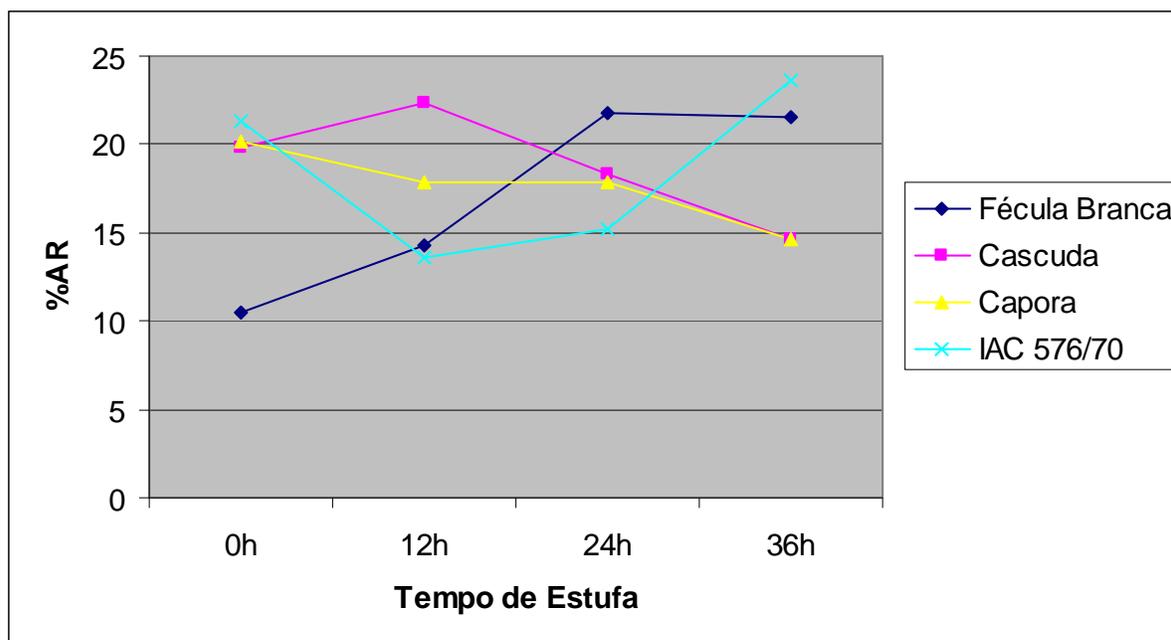
A análise do teor de amido resistente do amido *in natura* e após modificação por *annealing* e calor/umidade evidenciou que o amido natural da variedade Fécua Branca foi o que apresentou menor teor de amido resistente, não ocorrendo diferenças entre os demais amidos.

Para a comparação dos amidos modificados nos diferentes tempos em relação ao amido natural observou-se aumento no teor de amido resistente na variedade Fécua Branca independente do tempo de reação no tratamento *annealing*. Para as demais variedades não se observaram diferenças em comparação ao amido natural.

Já para a interferência das variedades no teor de amido resistente em cada tempo de tratamento *annealing*, verificou-se que com 12h a variedade Cascuda teve maior teor de amido resistente. Para os demais tempos não se observou influência do fator variedade.

Em um estudo com milho, onde os autores Teixeira et al (1998) modificaram os amidos de milho hidrotermicamente de 30 a 70% de umidade houve o aumento de AR na modificação com 70% de umidade e 35°C e 58,24h, e comparado com os resultados obtidos por esta pesquisa pode-se constatar que os amidos modificados com maior

tempo de estufa (36h) que tiveram maiores resultados. Na figura 23, verifica-se melhor os aumentos e declínios das concentrações de amido resistente para o tratamento do tipo *annealing*.

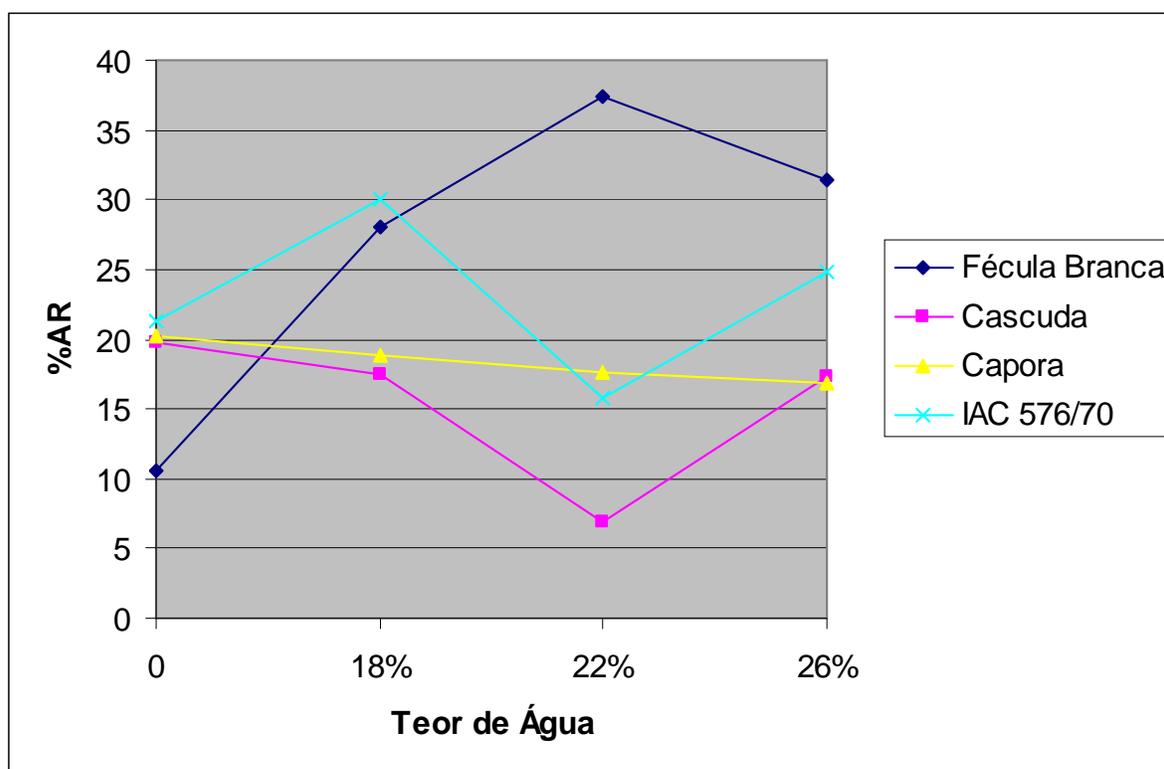


**Figura 21.** Valores médios da concentração de amido resistente em amostras das variedades Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70 para o tratamento do tipo *annealing*.

A Tabela 20 apresenta a concentração de amido resistente após o tratamento calor/umidade no qual observou-se teores de amido resistente na variedade de mandioca Fécula Branca sofreu mudança muito significativa nos valores em relação ao amido *in natura*. Verifica-se na figura 10, há um grande aumento depois que o amido foi submetido com umidade de 18% e uma temperatura elevada, e em seguida esse aumento continua com 22% de umidade e logo em seguida há pequena diminuição com a modificação 26% de umidade, mas em comparação com o amido natural pôde-se obter um resultado significativo.

Em relação aos outros amidos, verificou-se que o amido da variedade de mandioca Cascuda apresentou diminuição depois que modificado com 22% de umidade (6,94%), sendo que a sua concentração do amido nativo (19,76%) foi maior do que todas as outras modificações. Já com a variedade de mandioca Capora. Quanto as modificações do amido IAC 576/70, em duas modificações pôde-se obter resultados positivos comparado com

a concentração do amido *in natura* (21,34%) que foram: 18% de umidade com a concentração de AR 30,02% e com 26% com 24,90%, a modificação com 22% (15,71%) diminui a porcentagem de amido resistente. Na Figura 22, pode-se obter maior clareza nas alterações que ocorreram após o tratamento calor/umidade.



**Figura 22.** Valores médios da concentração de amido resistente das variedades Fécula Branca, Cascuda, Capora e IAC 576/70 para o tratamento do tipo calor/umidade.

Muitos estudos têm demonstrado a importância da concentração de amido resistente, e com os resultados obtidos principalmente com a variedade de amido fécula branca, tanto para a modificação de anelamento, quanto para a modificação calor/umidade pode trazer benefícios à saúde humana. Autores como Singhal & Kulkarni (2006) relataram que o amido é grande fonte de carboidrato e o amido resistente pode ser semelhante a fibra dietética, pois amidos não digeridos pelo intestino pode prevenir doenças como colite ulcerativa, pois um estudo realizado por Jenkins et al. (1998) verificou a suplementação de amido resistente na dieta dos indivíduos aumentou a concentração de butirato, comparado com o grupo controle, podendo prevenir doenças intestinais e a formação de células cancerígenas.

Considerando a importância que os amidos resistentes representam e também o método físico de tratamento aplicado, a melhor resposta foi para a aplicação em amidos da variedade Fécula Branca com tratamento calor/umidade a 22%, onde o incremento fez aumentar a sua concentração de 10,5 para 37,4%.

#### 4.3.2 Concentração de amido resistente (AR) em relação à idade fisiológica.

Foram analisadas as concentrações de amido resistente em triplicata nas variedades de mandioca Fécula Branca e IAC 576/70 quanto às suas idades fisiológicas. Na tabela 25, encontram-se os valores médios desta análise.

**Tabela 21.** Valores médios de amido resistente obtidos nas análises das amostras de amidos in natura quanto a idade fisiológica dos amidos Fécula Branca e IAC 576/70.

Meses	% Amido Resistente	
	Fécula Branca	IAC 576/70
Julho	33,80Aa	22,13Ba
Agosto	22,65Bb	27,39Aa
Setembro	24,32Ab	22,04Aa
Outubro	21,95Aab	21,07Aa
Novembro	24,67Ab	21,42Aa
Dezembro	21,02Ab	23,55Aa

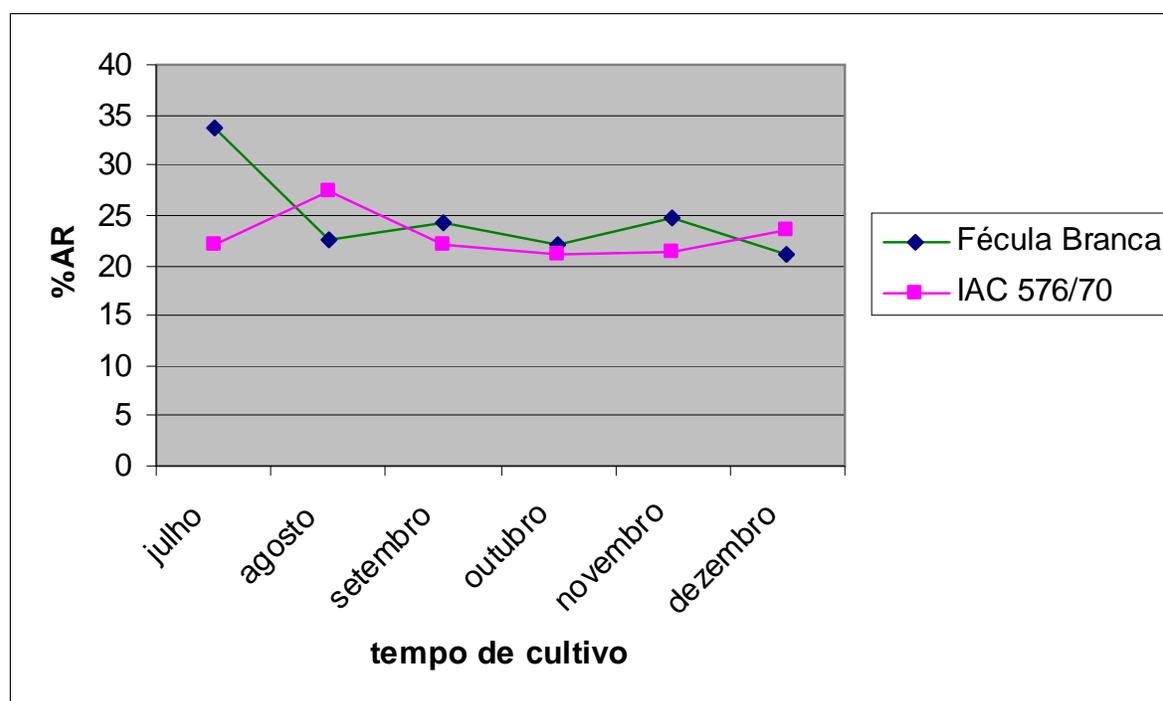
Nota: Letras minúsculas iguais na mesma coluna dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

\* Letras maiúsculas iguais na mesma linha dentro de cada parâmetro não diferem ao nível de significância de 5%, pelo teste de Tukey.

Observando a Tabela 21, pôde-se verificar que foram poucas as diferenças entre os meses e entre as duas variedades de mandioca em relação à concentração de amido resistente. Mas quando é analisada a diferença entre os meses, julho (33,80%) se destaca dos demais meses, pois os outros meses obtiveram pequenas diferenças em sua porcentagem. Já no amido IAC 576/70 o valor mais elevado foi agosto com 27,39%, mas não ocorreram diferenças significativas.

Comparando as duas variedades, pode-se constatar através da Figura 11 que o amido de mandioca da variedade Fécula Branca obteve maiores resultados, pois somente no mês de agosto e dezembro que a concentração de amido resistente foi menor, e isso vem demonstrar que o amido da fécula branca tem maiores concentrações de amido que não são digeríveis no intestino delgado, sendo que nos demais meses a diferença entre as variedades entre os meses foram muito pequenas. Com isso, constata-se que quase não há mudança na concentração de AR quanto ao tempo de plantio, mas o mês que teve maior destaque e maior valor foi o mês de julho para a variedade Fécula Branca.

Na figura 23, consegue-se obter maior visualização nas variações que ocorreram nos meses das extrações de amido.



**Figura 23.** Valores médios da concentração de amido resistente nas análises dos amidos obtidos pelo tempo de cultivo.

Observando os resultados de amido resistente para os amidos modificados e o tempo de cultivo, verifica-se o amido de mandioca que mais mostrou resultados positivos foi a Fécula Branca, pois modificados ou não apresentaram grande concentração de amido resistente, pois em muitas literaturas a porcentagem de amido

resistente fica em torno de 7 a 8%. Este amido apresentou concentrações bem mais elevadas que descritas nas bibliografias, pois de acordo com resultados obtidos pela pesquisa de Wenzel & Lajolo (2002) as concentrações de AR para tubérculos foram muito pequenas e que os maiores valores foram das leguminosas com 5,86%. Assim, esta pesquisa vem destacar a importância do amido de mandioca, e principalmente o amido fécula branca, que teve concentrações de AR de até 37,41% na modificação calor/umidade com 22% de umidade.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições em que foi realizado este trabalho, permitem concluir que:

✓ As propriedades de pasta no tratamento do tipo anelamento ocorreram várias alterações, principalmente na quebra de viscosidade, sendo que as maiores variações encontradas foram nos tratamentos 12 e 24 horas, principalmente nos amidos das variedades de mandioca Fécula Branca, Cascuda e Capora.

✓ No tratamento por anelamento, o pico de viscosidade aumentou consideravelmente para a maioria dos tratamentos e amidos, mas principalmente para os amidos Fécula Branca e Capora. A tendência de retrogradação diminuiu em alguns amidos, sendo mais proeminente nos amidos Fécula Branca no tratamento 24h, e Cascuda, no tratamento 36h.

✓ No tratamento calor/umidade alterou as propriedades de pasta, sendo que na viscosidade máxima o amido de mandioca Capora com concentração de 18% teve o maior aumento, e no tratamento 22% ocorreu a diminuição da concentração de pico de viscosidade para todos os amidos. Na viscosidade de pasta houve grande aumento para os

amidos Fécula Branca, Cascuda e Capora, e a quebra de viscosidade diminui. Ocorreu aumento significativo na viscosidade final e tendência de retrogradação, mas principalmente para o amido Capora no tratamento 26%.

✓ As maiores modificações que os amidos sofreram foram principalmente no tratamento do tipo calor/umidade.

✓ Não ocorreram mudanças significativas entre os meses colhidos, mas entre os dois tipos de variedades os amidos se comportaram diferentemente.

✓ A análise de amido resistente para os tratamentos anelamento e calor/umidade aumentam a concentração de AR, ocorrendo significativamente no tratamento calor/umidade, principalmente para o amido de mandioca da variedade Fécula Branca em todas as modificações por calor/umidade.

✓ O amido de mandioca que obteve a maior concentração de AR foi o da variedade Fécula Branca no mês de julho, mas as concentrações foram altas em todos os meses e nas duas variedades, constatando que a concentração de amido resistente foi significativa, comparando com outras espécies botânicas de amido.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAM. Disponível em: <[http:// www.abam.com.br/](http://www.abam.com.br/)> Acesso em: 10 maio 2008.

ABRAHAM, T. E. Stabilization of paste viscosity of cassava starch by heat-moisture treatment. **Starch**, v. 45, p. 131-135, 1993.

AGRIANUAL 2007: Anuário de Agricultura Brasileira, São Paulo, 2006.

ALLANSON, L. Inovações de tecnologias de sistemas de cobertura nos mercados europeus de carnes e peixes. **Food Ingredients**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 31-35, 1999.

ALEXANDER, R. J. Potato Starch: New prospects for na old product. **Cereal Foods World**, v. 40, 10, p. 763-764, 1995.

ALEXANDER, R. J. Potato starch: New prospects for na old product. **Cereal Foods World**, v. 41, n. 10, p. 796-799, 1996.

ANNISON, G.; TOPPING, D. L.; Nutritional role of resistant starch: chemical structure vs physiological function. **Annual Review Nutrition**, 14, p. 297-320, 1994.

AOAC. **Official methods of analysis**. 13.th ed. Whashigton: d.c., 1980. 109 p.

APLEVICZ, K. S. DEMIATE, I. Caracterização de amido de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 478-484, 2006.

ASP, N.G. Classification and methodology of food carboydrates as related to nutritional effects. **American Journal Nutrition**, v. 61, p. 930S-937S, 1995. Supplement.

BEDNAR, G. E.; et al. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intetinal digestibility and fermetability and their large bowel fermentability *in vitro* in a canine model. **Journal of Nutrition**, v. 35, p. 125-131, 2002.

BeMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Starke**, v. 49, n. 4, p. 127-131, 1997.

BIRD, R. B.; STEWART, W E.; LIGHTFOOT, E N. **Transpot phenomena**. New York: John Willey & Sons, 1960. 780 p.

BLANSHARD, J. M.V. Starch granule structure and function: a physicochemical approach. In: GALLIARD, T. Starch: properties and potential. New York: John Wiley, 1987.

CAMBRODON, I. G. MARTIN-CARRON, N. Fermetación colónica de fibra dietética y almidón resistente. In: LAJOLO, F M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica**. Tecnologia y salud-obtención, caracterización, efecto fisiologico y aplicación en alimentos. São Paulo: Varela, 2001. 469 p.

CARDOSO, E. L. C. LEAL, M. de S. Mandioca: mudanças nas maízes. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 6, p. 55-60, jun. 1999.

CARDOSO, E. L. C. SOUZA, J.S. Importância, Potencialidade, e Perspectivas do cultivo de mandioca na América Latina. In: \_\_\_\_\_. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas**, São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 2, cap. 2, p. 39-46.

CEREDA, M. P. Propriedades Gerais do Amido. In: \_\_\_\_\_. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas**, São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 4, cap. 1, p. 13-20.

CEREDA, M. P. VILPOUX, O, DEMIATE, I.M. Amidos Modificados. In: \_\_\_\_\_.  
**Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2003.  
vol. 3, p. 246-332.

CEREDA, M. P. VILPOUX, O. O amido com aplicação em produtos para alimentação saudável. In: \_\_\_\_\_. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas.** São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, p. 355-377.

CHAMP, M.; KOZLOWSKI, F.; LECANNU, G. *In vivo* and *in vitro* methods for resistant starch measurement. In: McCLEARY, V. PROSKY, L. **Advanced dietary fibre technology.** Blackwell Science, 2001. p. 106-119.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e Caracterização de Maltodextrinas a partir de Amidos de mandioca e batata-doce.** 2007. 137 f. Tese (Doutorado em Agronomia –Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

EERLINGER, R. C.; DELCOUR, J.A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science,** Heverlee, Belgium. v. 22, p. 129-138, 1995.

FENIMAN, C. M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576/70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita,** 2004, 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FERREIRA, C. L. L. F. Prebióticos e probióticos: atualização e prospecção. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora.2003.

FRANCO, C. M. L. et al. In:\_\_\_\_\_.**Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas.** Propriedades Gerais do Amido. Fundação Cargill. v. 2, p. 13-204, 2002.

GENTILE, D. **Batters and breading.** New Jersey: National Starch and Chemical Company, 1996. 6 p.

GONI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 17, p. 427-437, 1997.

GONI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 56, p. 445-449, 1996.

United States American. HJEMSTAD, E. T. **Potato starch properties by controlled heating in aqueous suspension**. USA, Patent 3,578,497, 1971.

HOOVER, R. Composition, molecular structure and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 253-257, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola nacional. Disponível em: <[http:// www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 10 maio 2008.

ISSUED MARCH. **Newport scientific: Rapid Visco Analyser**. Austrália, 1998.

JACOBS, H. DELCOUR, J. A. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Belgium, v. 46, n. 8, p. 2895-2905, 1998.

JACOBS, H. et al. Evaluation of the impact of annealing on gelatinization at intermediate water content of wheat and potato starches. A differential scanning calorimetry and small angle X-ray scattering study. **Carbohydrate Research**, v. 306, p. 1-10, 1998.

JANE, J. Starch functionality in food processing. In: FRAZIER, P J.; RICHMOND, P.; DONALD, A M. **Starch: structure and functionality**. London: Royal Society of Chemistry, 1997. p. 27-35.

JENKINS, D. J. A. et al. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **Journal of American College Nutrition**, v. 17, n.6, p. 609-619, 1998.

KEARSLEY, M. W.; DZIEDZIC, S. Z. **Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives**, Blackie Academic & Professional, London, 1995.

KONOO, S.; et al. The emulsification of oxidized tapioca starches with sodium hypo chlorite. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**. v. 43, n. 8, p.880-886, 1996.

KUAKPETOON, D.; WANG, Y. J. Characterization of Different Starches Oxidized by Hypochlorite. **Starch/Starke**. Wheinhen, v. 53, n. 5, p. 211-218, 2001.

LEMOS, M. C. C. et al. Glycemic index of tropical fruits in normal individuals, patients with type 2 diabetes and patients with glucose tolerance. **Anais Faculdade Médica UFPE**, v. 74, n. 1, p. 50-53, 2002.

LEONEL, M. CEREDA, M. P. Caracterização físico-químicas de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v.22, n.1, p. 65-69,2002

LEONEL, M. et al. Extração e caracterização do amido de Biri (*Canna odulis*). **Brazilian Journal of food technology**, v. 5; p.27-32, 2002.

LEWANDOWICZ, G.; JANKOWSKI, T.; FORNAL, J. Effect of microwave radiation on physicochemical properties and structure of cereal starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, p. 193-199, 2000.

LIMBERGER, V. M. **Modificação química e física do amido de quirera de arroz para aproveitamento na indústria de alimentos**, 2006. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.

LOBO, A. R. SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedade físico-químicas. **Revista Nutrição**, Campinas. v. 16, n. 2, 2003.

LORENZ, K.; KULP, K. Cereal and root starch modification by heat-moisture treatment. Physico-chemical properties. **Starch**, v. 34, p. 50-54, 1982.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. **Cultura da Mandioca**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993, 41 p.

MANNERS, D. J.; MATHESON, N K. The fine structure of amylopectin. **Carbohydrate Research.**, v. 90, p. 99-110, 1981.

MESTRES, C. Los estados físicos del almidón. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ALMIDÓN, 1996, Quito. **Anais**, 1996. p.2.

MOORTHY, S. N. **Tuber crop starches**. Thiruvananthapuram: Center Tuber Crops Research Institute, 1994. 40 p.

MUHRBECK, P. Annealing effects on potato starch functionality. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ALMIDÓN, 1996, Quito. **Anais**, 1996. p. 123-128.

PERONI, F. H. G. **Características estruturais e físico-químicas de amidos obtidos de diferentes fontes botânicas**. 2003. 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2003.

SALGADO, S. M. et al Aspectos físico-químicos e fisiológicos do amido resistente. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 109-122, jan. jun., 2005.

SAMPAIO, A. O.; FERREIRA FILHO, J.; ALMEIDA, P. A. de. Cultivo consorciado de mandioca para alimentação animal. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.13, n.1, p. 89-98, 1994.

SERRANO, P. O. FRANCO, C. M .L. Modificações hidrotérmicas (“*Annealing*”) e hidrólise enzimática do amido de mandioca. **Brazilian Journal of food technology**, Campinas. v. 8, n. 3, p. 220-232, 2005.

SHIRAI, M. A.; et al. Características físico-químicas e utilização em alimentos de amidos modificados por tratamento oxidativo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas. v. 27, n. 2, p. 239-247, 2007.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v. 8, p. 219-231, 2003.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. East Lansing: Freeman Press, 1992. 226 p.

STUTE, R. Hydrothermal modification of starches: the difference between annealing and heat-moesture treatment. **Starch**, v. 44, p. 205-214, 1992.

SWINKELS, J. J. M. **Industrial starch chemistry**: Properties, modifications, and applications of starches. Veendan: AVEBE, 1996. 48p.

TANNER, R. I. **Engineering rheology**. Clarendon, 1985. 451 p.

TEIXEIRA, M. A. V. et al. Ocorrência e Caracterização do Amido Resistente em Amidos de Milho e de Banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas . v. 18,n. 2, 1998.

TESTER, R. F. DEBON, S.J.J. SOMMERVILLE, M.D. Annealing of maize starch. **Carbohydrate. Polymers**. v. 42, n. 23, p. 287-299, 2000.

THOMPSON, D. B. Strategies for the Manufacture of Resistant Starch. **Trends in Food Science & Technology**, USA. v. 11, p. 245-253, 2000.

TOPPING, D. L. CLIFTON, P. M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 3, p. 1031-1064, 2001.

TTTA. Disponível em <<http://www.ttta-tapioca.org>> Acesso em: 09 ago. 2008.

VELÀZQUEZ, O .C.; HOWARD, M.; ROMBEAU, J. L. Butyrate and the colonocyte. Implications for neoplasia. **Digestive Disease and Sciences**, v. 41, p. 727-739, 1996.

YUAN, R.C. THOMPSON, D.B. BOYER, C.D. Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starchers from three wz-containing genotypes in two inbred lines. **Cereal Chemistry**., v. 70, p. 81-89, 1993.

ZELAYA, M. P. O papel de adesão e de amidos resistentes em *snacks* e cereais. **Food Ingredients**, São Paulo, v. 11, n. 9, p. 18-19, 2000.

ZONTA, E P.; MACHADO, A A. Sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas, 1984 (Registro na Secretaria Especial de Informática, sob o n.º 066060/ cat.A).

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)