



APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS NA ANÁLISE DOS TEMPOS DE ESCOAMENTO DAS PASTAS DE AMIDO

PARAGUAIO, Thairo. IC, Fundação Araucária, GPMAGRO, EPA, DEP, Fecilcam, thairoparaguaio@yahoo.com.br
LUDEWIG, Dieter Randolph (OR), EPA, DEP, Fecilcam, dludewig@fecilcam.br
ASSAD FILHO, Nabi (CO-OR), EPA, DEP, Fecilcam, nabiassad@uol.com.br

INTRODUÇÃO

“O termo *amylum*, de origem greco-latina, significa material farináceo obtido através da moagem de tubérculos ou de outra fonte vegetal.” (CIACCO et al., 1982, p. 1). Os amidos ou féculas são substâncias amiláceas comestíveis, extraídas de plantas variadas. Os termos amido e fécula são utilizados neste trabalho como sinônimos, pois ambos são produtos amiláceos comestíveis extraídos de plantas, porém utiliza-se o termo amido para substância amilácea extraída da parte aérea da planta, e fécula para substância amilácea proveniente da parte subterrânea da planta.

Os amidos são classificados em dois grupos principais, o amido nativo (natural) recebem por não terem sofrido nenhuma modificação, sendo estes amidos normalmente utilizados em indústrias de alimentos como espessantes, estabilizantes, agentes gelificantes, entre outras, sendo que estas propriedades dependem principalmente da fonte de origem do amido, sendo mais comum a utilização do amido de mandioca, que são produtos que não apresentam grande sofisticação. Para referir-se ao amido exposto a um processo de modificação usa-se o termo “amidos modificados” podendo as modificações ser: física, química, enzimática ou a combinação destas. O amido modificado fosfatado é um amido modificado pela combinação através de processos físicos e químicos, com a finalidade de obter um amido com maior resistência a retrogradação, ou seja, liberação de água após o descongelamento em produtos que possuem amido em sua composição, e também maior viscosidade em relação ao amido nativo.

Este artigo tem por objetivo apresentar os resultados finais obtidos durante o desenvolvimento no desenvolvimento deste projeto de iniciação científica, com foco na análise estatística dos tempos de escoamento das pastas de amido nativo e modificado em diferentes temperaturas. Também deve-se destacar que para a realização de análise estatística de todas as propriedades seria necessário a realização de testes de cada uma e sua validação cruzada, pois estes testes deveriam ser repetidos em cada temperatura e realizado a análise com as demais propriedades desejáveis. Assim, optou-se pela realização



dos testes e análises estatísticas da propriedade de viscosidade com relação a diferentes temperaturas em função das condições tecnológicas dos laboratórios existentes na instituição.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO AMIDO

VISCOSIDADE DA PASTA

Teixeira *et al.* (2005) explica que de uma forma simples a viscosidade é resistência de um fluido ao escoamento.

O cozimento de uma suspensão de amido em água resulta em uma pasta incolor, sendo esta utilizada para a realização do teste do Copo Ford. Este teste consiste em inferir a viscosidade da pasta a partir da medida do tempo que a pasta gasta para esvaziar o Copo. O tempo de escoamento se correlaciona com a viscosidade da pasta, podendo ser utilizadas pastas em diferentes temperaturas.

Martins (2006) mostra que o amido fosfatado, quando comparado ao amido nativo, apresenta viscosidade maior, nesta linha apresentaremos nossos resultados e uma análise estatística dos mesmos.

RETROGRADAÇÃO

Este fenômeno ocorre quando pastas de amido são retiradas da temperatura ambiente, sendo submetidas a processos de resfriamento ou congelamento, e depois ao voltarem à temperatura ambiente perdem suas propriedades estruturais originais. Munhoz e *et al.*(2004, 403) explicam a retrogradação como:

A retrogradação do amido é um fenômeno que deve ser minimizado por se tratar da reconstrução de uma estrutura mais rígida devido às cadeias de amilose ficarem mais disponíveis para se rearranjarem durante o *shelf-life* do produto alimentício, resultando em maior perda de água do sistema e endurecimento do produto final (MUNHOZ e *et al.*, 2004, 403).

Para Ciacco e Cruz (1982), este fenômeno pode ser definido como “[...],um processo de cristalização do amido” (CIACCO & CRUZ, 1982, p.36). Os mesmos autores ainda explicam que “freqüentemente, a evolução da retrogradação é acompanhada de exudação de umidade do gel” (CIACCO & CRUZ 1982, p.35). E este fenômeno é indesejável na maior parte dos produtos, pois acarreta a liberação de água sobre o produto final quando utiliza em sua composição o amido nativo. E de acordo com os mesmos autores devido a esse



processo ocorre um aumento na firmeza dos pães, no caso de pastas ou géis é comum o aparecimento de uma película superficial que compromete a qualidade superficial.

CLARIDADE DA PASTA

A claridade da pasta do amido terá importância ou não depende de sua aplicação posterior. Um exemplo, de sua necessidade é nos casos onde o amido é empregado como espessante, para recheio de tortas, ou em confeitarias, onde se deseja a transparência da pasta, o que não ocorre quando é visado à aplicação em sobremesas pré-preparadas, quando a opacidade é uma característica desejada, como explica Ciacco e Cruz (1982).

Independente destes fatores estéticos, a claridade de pastas de amido está relacionada com a tendência de retrogradação do amido e, portanto, tem influencia em outras características tecnológicas da pasta. De maneira geral, amidos com alta tendência á retrogradação produzem pastas mais opacas que aqueles com baixa tendência a retrogradação (CIACCO & CRUZ, 1982, p.40).

Deve-se também ser observado que podem ocorrer variações das características observadas, dependendo da origem da matéria prima do amido.

EMULSIFICAÇÃO

Segundo Barros e *et. al.*(2007) emulsão é definido como: “uma emulsão é um sistema heterogêneo, consistindo de ao menos um líquido imiscível (fase interna descontínua) disperso em outro (fase externa contínua) em forma de pequenas gotas, [...]” (BARROS e *et. Al.*, 2007, p.412)

O amido fosfatado quando comparado ao nativo possui um poder emulsificante maior, fazendo com que a emulsão (o produto resultante da mistura dos líquidos), fique mais estável, ou seja, fazendo com que não ocorra à separação da mistura.

GELATINIZAÇÃO

Segundo Ciacco e Cruz (1982) o fenômeno de gelatinização ocorre quando:

[...] uma suspensão de amido é aquecida, os grânulos não mudam de aparência até que uma temperatura crítica seja alcançada. Nesta temperatura, o grânulo começa a entumescer e simultaneamente perdem suas características de birrefringência, indicando alterações na estrutura cristalina (CIACCO & CRUZ, 1982, p.23).



Esse fenômeno pode ser visualizado durante o cozimento do amido, quando a suspensão deixa de ser branca, pois isso indica que o grânulo de amido atingiu uma temperatura crítica, resultando no entumescimento da pasta.

AMIDOS MODIFICADOS

Os amidos modificados são resultados da utilização de técnicas de modificação através de processos químicos físico, enzimáticos, ou a combinação destes processos. As aplicações dos amidos modificados são determinadas de acordo com a modificação a qual o amido foi exposto. Silva (2006) destaca a utilização dos amidos modificados:

Considerando-se o custo dos amidos modificados, pode-se perceber que, de maneira geral, produtos mais sofisticados e caros levam esses amidos e, em contrapartida, produtos mais populares têm, em suas formulações, amidos nativos (SILVA e et al., 2006, p.192).

Os amidos modificados são um campo de estudo interessante, pois normalmente são utilizados em produtos de com um maior valor agregado.

PROPRIEDADES DO AMIDO FOSFATADO

De forma geral, dependendo da fonte do amido e do grau de substituição, o amido fosfatado apresenta as seguintes propriedades descritas por Martins (2006):

- a) Maior a claridade
- b) Maior a estabilidade a ciclos de congelamento e descongelamento
- c) Maior poder emulsificante
- d) Maior Viscosidade
- e) Menor capacidade de Formação de gel.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Segundo Vieira (1999 apud Castanheira 2008) a estatística descritiva é explicada como ramo da estatística que trabalha com a coleta e a tabulação dos dados. Sendo que neste foram calculados a partir dos dados coletados: medidas de tendência central e dispersão (média, desvio padrão, variância, range, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil), sendo os resultados e análises destes apresentados na seção seguinte.



METODOLOGIA

METODOLOGIA ADOTADA PARA MODIFICAÇÃO

A metodologia adotada para preparo de amostras modificadas foi a descrita por Ciacco e Cruz (1982).

METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

Para verificar a viscosidade do amido, foi preparada uma pasta com 15g de amido nativo disperso em 500 mL de água e cozido posteriormente, e este procedimento também foi repetido com uma amostra de amido fosfatado com tripolifosfato de sódio a 5%. A pasta obtida foi utilizada para medir o tempo de escoamento (em segundos) pelo método do Copo Ford com furo de 5 mm, com a temperatura da amostra variando de 10 em 10 °C, no intervalo entre 20 °C a 80 °C. O teste do Copo Ford para determinação da viscosidade baseia-se no princípio da viscosidade cinemática, através da comparação dos tempos de escoamento das pastas em diferentes temperaturas.

Os testes resultaram em 42 tempos de escoamento, obtidos a partir de 6 repetições de tomadas de tempo em 7 temperaturas diferentes, para a pasta de amido nativo e também para a pasta de amido fosfatado, sendo que estes dados posteriormente foram tabelados e analisados.

METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados neste trabalho foram baseadas na estatística descritiva, que é definida por Fonseca e Martins (2008) como: “[...] um conjunto de técnicas que objetivam descrever, analisar e interpretar os dados numéricos de uma população ou amostra.” (FONSECA e MARTINS, 2008, p. 101).

Para o tratamento dos dados (tempos de escoamento) coletados em laboratório foi utilizado o software MINITAB 14, sendo consideradas as temperaturas (20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C e 80°C) como variáveis e foram determinados: média, desvio padrão, variância, 1º quartil, mediana, 3º quartil e range (intervalo de variação). Ales destes dados foram gerados os seguintes gráficos: histograma com curva normal, diagrama de dispersão e boxplot.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes utilizando o método do Copo Ford, resultaram em 42 tempos de escoamento, obtidos a partir 6 repetições de tomadas de tempo em 7 temperaturas diferentes, para a pasta de amido nativo e também para a pasta de amido fosfatado, sendo que estes dados posteriormente foram tabelados e analisados. Sendo os dados coletado apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Tempos de escoamento da pasta de amido nativo

Temperatura (°C)	Tempos de Escoamento (s)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
80	14,81	15,84	14,91	15,91	15,12	13,72
70	14,59	17,88	15,85	17,5	15,91	13,95
60	17,12	20,03	18,68	18,69	16,75	15
50	24,59	22,47	21,62	20,47	18,68	17,84
40	37,56	30,94	25,31	23,4	22,54	22,25
30	55,15	47,53	32,28	39,38	35,44	33,47
20	69,62	57,56	55,07	52,37	48,16	45,03

Tabela 2 – Tempos de escoamento da pasta de amido modificado com tripolifosfato de sódio 5%

Temperatura (°C)	Tempos de Escoamento (s)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
80	33,20	25,13	26,19	19,94	26,11	17,06
70	32,00	25,15	26,66	22,94	38,56	17,09
60	35,20	25,56	28,28	20,06	30,94	17,87
50	46,40	29,13	29,91	21,72	34,47	18,00
40	58,59	31,00	31,43	27,93	41,12	21,53
30	74,41	36,87	35,93	33,53	45,15	22,85
20	53,31	42,32	40,68	34,09	38,41	27,91

Através da utilização do software MINITAB 14 foram calculadas: média, desvio padrão, variância, range, mediana, primeiro quartil e terceiro quartil, para os tempos de escoamento (em segundos) da pasta de amido nativo, sendo os resultados apresentados na tabela 3.



Tabela 3 – Resultados dos dados fornecido pelo Minitab 14 para pasta de amido nativo.

Variável	Média	Desvio Padrão	Variância	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Range
80 °C	15,05	0,80	0,64	14,54	15,01	15,86	2,19
70 °C	15,95	1,55	2,39	14,43	15,88	17,59	3,93
60 °C	17,71	1,78	3,18	16,31	17,90	19,02	5,03
50 °C	20,95	2,49	6,21	18,47	21,05	23,00	6,75
40 °C	27,00	6,09	37,06	22,47	24,36	32,6	15,31
30 °C	40,54	9,03	81,58	33,17	37,41	49,44	22,87
20 °C	54,64	8,63	74,52	47,38	53,72	60,58	24,59

Observa-se que as maiores médias dos tempos de escoamento encontram-se nas temperaturas de 20°C e 30°C, e nas temperaturas, no intervalo de 20°C a 40°C, estão ocorrendo às maiores variâncias e conseqüentemente os maiores desvios padrões, percebe-se que neste intervalo também é que se encontram os maiores ranges.

Os mesmos cálculos foram realizados utilizando os tempos de escoamento (em segundos) da pasta de amido nativo, também foram realizados para a pasta de amido modificado com tripolifosfato de sódio a 5%, sendo os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados dos dados fornecido pelo Minitab 14 para pasta de amido modificado com tripolifosfato de sódio a 5%.

Variável	Média	Desvio Padrão	Variância	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Range
80 °C	21,61	5,61	31,52	19,22	25,62	27,94	16,14
70 °C	27,07	7,44	55,37	21,48	25,91	33,64	21,47
60 °C	26,32	6,56	43,04	19,51	26,92	32,01	17,33
50 °C	29,94	10,02	100,45	20,79	29,52	37,45	28,40
40 °C	35,27	13,07	170,74	26,33	31,22	45,49	37,06
30 °C	41,46	17,66	312,04	30,86	36,40	52,47	51,56
20 °C	39,45	8,54	72,97	32,55	39,55	45,07	25,40

Observa-se que as maiores médias dos tempos de escoamento encontram-se nas temperaturas de 20°C e 30°C, e nas temperaturas, no intervalo de 30°C a 50°C, estão ocorrendo às maiores variâncias e conseqüentemente os maiores desvios padrões, percebe-se que neste intervalo também é que se encontram os maiores ranges.

Comparando os dados das tabelas 1 e 2 percebe-se que as médias dos tempos de escoamento, no caso da amostra de amido modificado, apresentaram-se mais elevadas que no caso das de amido nativo, considerando a faixa de temperatura entre 40°C e 80°C, isto nos leva a concluir que o amido modificado é mais viscoso quando considera-se temperaturas acima de 40°C em comparação ao amido natural. Na temperatura de 30°C o amido modificado continua apresentando elevação, mas de forma mais discreta. Já para a

temperatura de 20°C o tempo foi consideravelmente menor em relação ao nativo. Isto significa que a pasta de amido modificado com tripolifosfato de sódio a 5% apresenta menor viscosidade, em relação ao nativo, ao sofrer diminuição da temperatura a qual foi exposta.

A figura 1 apresenta os gráficos gerados para a temperatura que apresenta os tempos de escoamento da pasta de amido nativo com a menor variância (80°C).

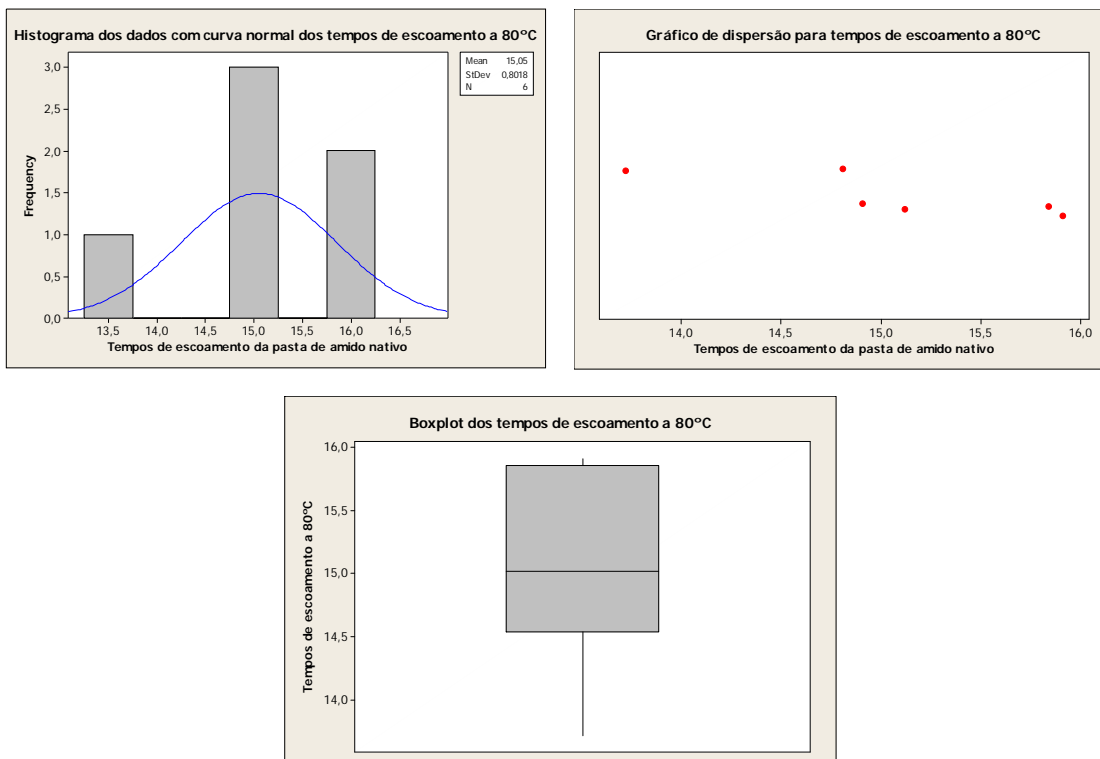


Figura 1: Gráficos dos tempos de escoamento da pasta de amido nativo com menor variância.

Observa-se no histograma que os tempos de escoamento da pasta de amido nativo através do copo Ford a 80 °C, apresentam uma maior frequência na faixa de 15 segundos, também observa-se que a curva plotada no histograma é mesocúrtica, indicando que os dados seguem uma distribuição normal. Os pontos do diagrama não mostram nenhum comportamento padrão aparente, porém a maior parte dos dados estão próximos a média enquanto os demais dados estão bem dispersos em relação a esta, sendo que apenas um dos pontos ficou bem abaixo da média, enquanto os demais pontos que dispersos apresentaram-se bem acima da média. O boxplot mostra que os dados analisados estão dentro do intervalo analisado, porém a maior parte deste encontram-se no terceiro quartil, e não gráfico não apresenta *outliers*, porém observa-se que devido o gráfico de dispersão apresentar um de seus pontos bem inferior em relação aos demais, fez com que o boxplot

apresenta-se um cauda inferior muito extensa enquanto, a cauda superior praticamente não existe.

A figura 2 apresenta os gráficos gerados para a temperatura que apresenta os tempos de escoamento da pasta de amido modificado com tripolifosfato de sódio a 5% com a menor variância (80°C).

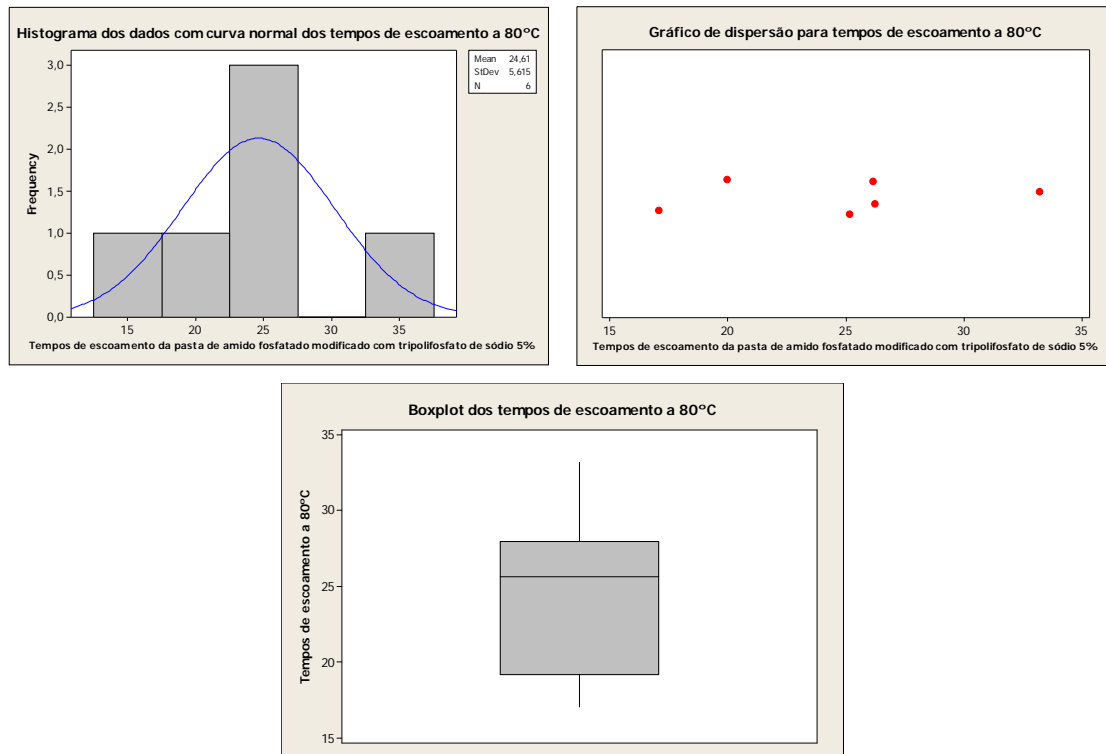


Figura 2: Gráficos dos tempos de escoamento da pasta de amido modificado com tripolifosfato de sódio a 5% com menor variância.

Observa-se no histograma que os tempos de escoamento da pasta de amido modificado com tripolifostado de sódio 5% através do copo Ford a 80°C, apresentam uma maior freqüência na faixa de 25 segundos, também observa-se que a curva plotada no histograma é mesocúrtica, indicando que os dados seguem a distribuição normal. Observa-se no diagrama de dispersão que a maior freqüência de dados ocorre próximo a mediana, e os demais dados encontram-se bem dispersos. O boxplot mostra que a maior dispersão dos dados ocorre entre o primeiro e o e o segundo quartil (mediana), porém é de observar-se que a cauda superior do boxplot é maior que a inferior, devido ao ponto mostrado no diagrama de dispersão que apresenta-se um tempo de escoamento bem superior aos demais, observa-se também a inexistência de *outliers* neste gráfico.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que ambas as pastas apresentam comportamento similar, à medida que a temperatura diminui os tempos de escoamento aumentam, sendo que isto foi comprovado estatisticamente nos resultados apresentados. Porém ao comparar as médias dos tempos de escoamento da pasta de amido nativo com a do amido modificado com tripolifosfato de sódio 5%, concluiu-se que o amido modificado apresenta um tempo de escoamento superior, ao amido nativo em temperaturas superiores a 40°C, e na temperatura de 20°C o amido nativo apresentou tempo de escoamento superior. Quanto aos gráficos apresentados pode-se concluir que ambos os casos apesar das menores variâncias ocorrerem na faixa de temperatura de 80°C, a forma com que os dados se dispersa, em relação a mediana é bem distinta, no caso da pasta de amido nativo existe uma maior concentração de dados no terceiro quartil de dados, enquanto no caso da pasta de amido modificado a maior concentração de dados ocorre no primeiro quartil.

Para poder se chegar a conclusões mais definitivas sobre as demais propriedades físico-químicas, torna-se necessário a realização de testes para cada propriedade citada no trabalho, além destes teste terem de ser realizados em cada temperatura analisada no teste de viscosidade, ainda existe a necessidade das repetições dos testes para validação estatística dos dados, e por fim a realização de análise cruzada dos dados.

REFERÊNCIAS

BARROS, F.F.C.; QUADROS, C.P.; Maróstica Jr, M.R.; PASTORE, G.M., **Surfactina: propriedades químicas, tecnológicas e funcionais para aplicações em alimentos**. Química Nova, v. 30, p. 409-414, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000200031&script=sci_arttext#back> Acesso em 13 mai./ de 2009.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de Amido e sua Utilização**. São Paulo, 1982.

CASTANHEIRA, N.P. **Estatística aplicada a todos os níveis**. 4ªed. rev. e atual. Curitiba: Ibpex,2008.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. 6ª Ed. E 11ª reimpressão. São Paulo: Atlas 2008

MARTINS, A. H. **Amidos Modificados**. Disponível em: <[http://www.fag.edu.br/professores/amartins/Tecnologia de Alimentos/Amidos Modificados.ppt](http://www.fag.edu.br/professores/amartins/Tecnologia%20de%20Alimentos/Amidos%20Modificados.ppt)> Acesso em 05 mai./ de 2009.

MINITAB. **Methods and Formulas**. MINITAB Programa Estatístico, versão 14 para Windows, Pennsylvania: State College, 2003.



MUNHOZ, M.P.; WEBER, F.H.; CHANG, Y.K. Influência de hidrocolóides na textura de gel de amido de milho. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.24 no.3 Campinas July/Sept. 2004.

SILVA, G.O. Et al.. **Características Físico-Químicas de Amidos Modificados de Grau Alimentício Comercializados No Brasil.** Campinas, jan.-mar. 2006 public em 23/01/2006. Disponível em: <www.scielo.Br/pdf/cta/v26n1/28869.pdf> Acesso em 22 mai./ de 2008.

TEIXEIRA, O.P.B.; AMARANTE, A.R.S.; CINDRA, J.L.; MONTEIRO, M.A.A. **Mecânica dos Fluidos: Algumas Considerações Sobre A Viscosidade.** In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro. **Resumos** do XVI SNEF, 2005. v. único. p. 171-171. Disponível em: <www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/resumos/T0625-2.pdf> Acesso em 13 Mai./ de 2009.