

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO E ADEQUAÇÃO DA LAVAGEM
NO BENEFICIAMENTO DA BATATA**

MICHELE CARVALHO DA SILVA RODRIGUES

CAMPINAS-SP
AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO E ADEQUAÇÃO DA LAVAGEM
NO BENEFICIAMENTO DA BATATA**

Dissertação de mestrado submetida à
banca examinadora para obtenção do
título de Mestre em Engenharia
Agrícola na área de concentração em
Tecnologia Pós-Colheita.

MICHELE CARVALHO DA SILVA RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Marcos David Ferreira

CAMPINAS-SP
AGOSTO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

R618a Rodrigues, Michele Carvalho da Silva
 Avaliação e adequação da lavagem no beneficiamento
 da batata / Michele Carvalho da Silva Rodrigues. --
 Campinas, SP: [s.n.], 2011.

 Orientador: Marcos David Ferreira.
 Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

 1. Batata. 2. Pós-colheita. 3. Batata - tecnologia pós-
 colheita. 4. Cultivos agrícolas - Tecnologia pós-colheita.
 5. Batata - Processamento. I. Ferreira, Marcos David.
 II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Assessment and adequacy of washing in the potato processing

Palavras-chave em Inglês: Potato, Post-harvest, Potato - post-harvest technology,

Crops - Post-harvest technology, Potatoes - Processing

Área de concentração: Tecnologia Pós-colheita

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Antônio Carlos Oliveira Ferraz, Wilson Tadeu Lopes da Silva

Data da defesa: 30/08/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

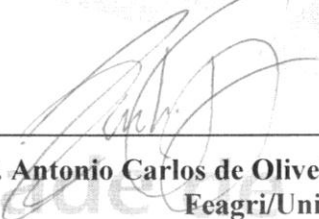
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Michele Carvalho da Silva Rodrigues**, aprovado pela Comissão Julgadora em 30 de agosto de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Marcos David Ferreira – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



Prof. Dr. Wilson Tadeu Lopes da Silva - Membro Titular
Embrapa/CNPDI



Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

*Ao meu pai Geraldo A. Silva,
À minha mãe Vanda P. Carvalho Silva,
Aos meus irmãos Richardson C. Silva e Thiago C. Silva,
E ao meu querido esposo Marcos Rodrigues;
Por tanta confiança, apoio e carinho, à vocês dedico!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me ouvir, ajudar e me conceder perseverança e condições para a conclusão deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia Agrícola e à UNICAMP, pela formação acadêmica e disponibilidade dos laboratórios. Por me acolher tantos anos, e fazer parte de mais este degrau em minha vida.

Ao Prof. Marcos David Ferreira, pela orientação e amizade.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ferraz e ao Profissional da Pesquisa Túlio Ribeiro, pela contribuição na banca de qualificação e durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Roberto Testezlaf pelo apoio, incentivo, contribuição e amizade.

Aos técnicos Giovani e Célia pela ajuda em alguns experimentos e ao técnico José Maria pela ajuda na adaptação e montagem do protótipo.

Ao Clemilton, que mesmo não estando mais na FEAGRI, enfrentou dias de chuva e muita lama em busca de batatas.

À ABVGS (Associação dos Bataticultores de Vargem Grande do Sul) por intermediar o contato com os proprietários das lavadoras. E aos proprietários e funcionários das lavadoras pela abertura, paciência e credibilidade no trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento do projeto.

Ao meu querido esposo Marcos pelo grande incentivo, apoio e compreensão. Por estar sempre ao meu lado. Eu te amo!

Aos meus pais que sempre acreditaram no meu potencial e me deram grande incentivo e apoio. Obrigada por tanto amor, cuidado, conselhos e torcida. Vocês são grande exemplo pra mim.

Aos meus irmãos pelo convívio, distrações, e carinho. Adorei ter a companhia do Thiago com a mão na massa, me ajudando nas análises e contribuindo com suas piadas.

Às amigas Sabrina Leite de Oliveira e Poliana Sprícigo pelo incentivo e companhia dentro e fora do laboratório. Amizades especiais que fazem a diferença.

Ao aluno de graduação Robson e mestrandia Maria Elisa por me acompanhar em algumas viagens às lavadoras, e que junto comigo colocaram a mão na lama.

À todos, que de uma forma contribuíram com meu trabalho.

Agradeço de coração!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 A batata.....	4
3.2 Comercialização da batata	4
3.3 Pós-colheita.....	6
3.3.1 Perdas na Pós-Colheita.....	6
3.3.2 Beneficiamento	7
3.3.3 Limpeza do produto	8
3.3.4 Consumo de água em linhas de beneficiamento.....	9
3.3.5 Água residual.....	10
i. Turbidez	11
ii. Sólidos.....	11
3.3.6 Métodos de análise da eficiência de limpeza	12
3.3.7 Eficiência de Limpeza.....	13
3.3.8 Danos físicos	13
3.3.9 Cor.....	14
3.3.10 Perda de massa.....	16

3.3.11	<i>Brotação</i>	16
3.3.12	<i>Índice de Firmeza</i>	16
4.	METODOLOGIA	18
4.1	Primeira Etapa – Avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento	18
4.1.1	<i>Métodos de avaliação da eficiência de limpeza em unidades de beneficiamento</i>	19
i.	<i>Índice de limpeza pelo método do turbidímetro (IL_T)</i>	20
ii.	<i>Índice de limpeza pelo método de quantificação dos sólidos totais (IL_{ST})</i>	20
iii.	<i>Índice de limpeza pelo método de quantificação dos sólidos suspensos (IL_{SS})</i>	21
4.2	Segunda Etapa – Ensaios em laboratório para alterações no sistema de limpeza	22
4.2.1	<i>Origem dos solos</i>	23
4.2.2	<i>Rotação das Escovas</i>	23
4.2.3	<i>Vazão (L)</i>	23
4.2.4	<i>Configurações dos ensaios em laboratório</i>	24
4.2.5	<i>Eficiência de limpeza</i>	25
4.2.6	<i>Análises de qualidade em tubérculos submetidos à lavagem em laboratório</i>	26
i.	<i>Perda de Massa Fresca</i>	26
ii.	<i>Coloração</i>	27
iii.	<i>Danos Físicos</i>	28
iv.	<i>Firmeza (Método do Aplanador)</i>	28
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	Primeira etapa: Avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento	30
5.1.1	<i>Eficiência de limpeza em unidades de beneficiamento</i>	34
i.	<i>Turbidez</i>	34
ii.	<i>Sólidos totais</i>	35
iii.	<i>Sólidos suspensos</i>	36

5.2	Segunda Etapa – Ensaios em laboratório para alterações no sistema de limpeza .	38
5.2.1	<i>Eficiência de limpeza em protótipo</i>	38
i.	Origem dos solos	38
ii.	Índice de Limpeza no turbidímetro (IL_T)	41
iii.	Índice de Limpeza por sólidos totais (IL_{ST})	43
iv.	Índice de Limpeza por Sólidos Suspensos (IL_{SS}).....	44
5.2.2	<i>Análises de qualidade em tubérculos submetidos à lavagem em laboratório....</i>	47
i.	Perda de massa	47
ii.	Coloração	50
iii.	Danos físicos	55
iv.	Firmeza.....	57
6.	CONCLUSÕES.....	61
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	Sites consultados.....	70
	Anexo 1.....	71
	Anexo 2.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção brasileira anual de batata (fonte: FAOSTAT- 14 April 2011; IBGE, 2011).....	5
Figura 2: Sistemas de aspersão na lavagem de batata– (à direita: sistema de jatos por tubos de PVC furados – à esquerda: sistema de aspersão).	8
Figura 3: Esverdeamento em batata. (Fontes: MELO & BRUNE 2005; PAVLISTA, 2011).	14
Figura 4: Protótipo de beneficiamento.	22
Figura 5: Escova com cerdas de fibra de coco (Comprimento: 0,5m; Diâmetro: 110mm).....	22
Figura 6: Aplanador Horizontal para estimativa de firmeza (Fonte: CALBO e NERY, 1995).	29
Figura 7: Movimento dos tubérculos sobre as escovas.	31
Figura 8: Movimento de rotação do tubérculo.	31
Figura 9: Exemplo de tubérculo lavado na posição de “repouso”	31
Figura 10: Fluxograma da reutilização de água no sistema de lavagem.	33
Figura 11: Índice de Turbidez (%) obtido por meio da análise no turbidímetro para tubérculos submetidos à lavagem pelas lavadoras A, B, C, D e E. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência medida por meio do método de turbidez, teste Tukey $p<0,05$; $n=15$	35
Figura 12: Índice de Sólidos Totais (%) obtido por meio da análise de sólidos totais agregados à superfície de tubérculos submetidos à lavagem pelas lavadoras A, B, C, D e E. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência medida por meio do método dos sólidos totais, teste Tukey $p<0,05$; $n=15$	36
Figura 13: Índice de Sólidos Suspensos (%) obtido por meio da análise de sólidos suspensos agregados à superfície de tubérculos submetidos à lavagem pelas lavadoras B, C, D e E. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência medida por meio do método dos sólidos suspensos, teste Tukey $p<0,05$; $n=15$	37
Figura 14: Tubérculos retirados do Solo 1 (Monte Mor-SP).....	38
Figura 15: Tubérculos retirados do Solo 2 (Itapetininga-SP).....	38
Figura 16: Visualização dos tubérculos lavados em diferentes tratamentos e avaliados em laboratório.	46

Figura 17: Perda de massa [%] dos tubérculos retirados do Solo 1 (Tratamentos Referência 1, A, B, C, D, E, F, G, H, e I), armazenado à 21°C (+/-1) e UR 85%.....	47
Figura 18: Perda de massa [%] dos tubérculos retirados do Solo 2 (Tratamentos Referência 2, J,K, L, M, N, O, P, Q e R), armazenado à 21°C (+/-1) e UR 85%.....	48
Figura 19: Evolução do parâmetro *L dos tubérculos armazenados à 21°C, UR 80% (Tratamentos: Referência 1, Referência 2, A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, K, L, M, N, O, P, Q, R).	50
Figura 20: Evolução do ângulo Hue dos tubérculos armazenado a 21°C, UR 80% (Tratamentos: Referência 1, Referência 2, A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, K, L, M, N, O, P, Q, R,).	52
Figura 21: Variação em Chroma dos tubérculos armazenado a 21°C, UR 80% (Tratamentos: Referência 1, Referência 2, A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, K, L, M, N, O, P, Q, R).	54
Figura 22: Implemento de colheita de tubérculos.	56
Figura 23: Variação do índice de firmeza [kPa] dos tubérculos retirados do Solo 1 (Tratamentos Referência 1, A, B, C, D, E, F, G, H, e I), armazenado à 21°C e UR 85%.	58
Figura 24: Variação do índice de firmeza [kPa] dos tubérculos retirados do Solo 2 (Tratamentos Referência 2, J,K, L, M, N, O, P, Q e R), armazenado à 21°C e UR 85%).	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Vazão e rotação utilizadas	23
Tabela 2: Combinação de aspersores utilizados no sistema de aspersão.	24
Tabela 3: Configurações avaliadas em laboratório.....	25
Tabela 4: Parâmetros avaliados em unidades de beneficiamento na região de Vargem Grande do Sul-SP.....	30
Tabela 5: Dados granulométricos da amostra do Solo 1 e Solo 2 (0-40cm) retirados da área de colheita dos tubérculos.	39
Tabela 6: Análise de consistência referente aos Solos 1 e Solo 2.	40
Tabela 7: Índices de limpeza (%) obtido por meio da análise de turbidez, sólidos totais e sólidos suspensos, para tubérculos submetidos à lavagem pelos tratamentos A, B, ... R. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência na mesma coluna, teste Tukey $p < 0,05$	42
Tabela 8: Análise estatística da perda de massa no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 1.....	49
Tabela 9: Análise estatística da perda de massa no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 2.....	49
Tabela 10: Tabela da análise estatística das médias do parâmetro L.	51
Tabela 11: Tabela da análise estatística das médias do Ângulo Hue.	53
Tabela 12: Tabela da análise estatística das médias do Croma.	54
Tabela 13: Evolução dos danos físicos após lavagem em protótipo ao longo do armazenamento.	55
Tabela 14: Tubérculos brotados ao longo do armazenamento.	57
Tabela 15: Índice de Firmeza média no primeiro dia da experimentação para os tubérculos dos tratamentos avaliados (n=15).....	57

Tabela 16: Análise estatística da firmeza média no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 1.....	59
Tabela 17: Análise estatística da firmeza média no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 2.....	59

RESUMO

O beneficiamento da *batata lavada* no Estado de São Paulo, destinada ao mercado *in natura* ou ao processamento, consome volume excessivo de água, provocando danos ao meio ambiente principalmente no descarte da água residual da etapa de lavagem. Tendo em vista a exigência do mercado consumidor por *batata lavada*, e a necessidade da redução do consumo de água utilizado para este tipo de beneficiamento, a hipótese deste trabalho é a de que é possível reduzir o consumo de água na etapa de lavagem da batata modificando os parâmetros de funcionamento dos equipamentos utilizados atualmente (vazão e rotação), mantendo a eficiência de limpeza, sem afetar a qualidade do produto. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a etapa de limpeza em linhas de beneficiamento de *batata lavada* produzida no Estado de São Paulo, e propor modificações para redução no volume de água com manutenção da qualidade do produto e da eficiência de limpeza. Para tanto, inicialmente foi realizada a avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento de *batata lavada* no Estado de São Paulo, identificando o método de lavagem, os tipos de roletes/escovas, velocidade média do produto, e volume de água consumido. A partir do estudo de desempenho, foram propostas alterações para melhoria na etapa de limpeza com relação ao volume de água consumido e a limpeza do produto. A eficiência de limpeza, o consumo de água, e a influência do beneficiamento na qualidade da *batata lavada* foram avaliados e comparados nos sistemas propostos, onde foram avaliadas três rotações para as escovas, e três vazões de água na lavagem de tubérculos de dois solos com diferentes teores de argila. A qualidade do produto beneficiado foi avaliada por meio dos parâmetros: perda de massa fresca, coloração, danos físicos e firmeza. Neste trabalho foi possível verificar que o consumo de água nas unidades de beneficiamento pode ser reduzido, mantendo a eficiência de limpeza do produto, apenas com ajustes de vazão e rotação do equipamento de lavagem. Com relação à qualidade, verificou-se o incremento na perda de massa e incidência de brotamento, e redução da firmeza da *batata lavada* em comparação aos tubérculos não lavados.

PALAVRAS-CHAVE: *Solanum tuberosum L.*; pós-colheita; beneficiamento; *batata lavada*.

ABSTRACT

ASSESSMENT AND ADEQUACY OF WASHING IN THE POTATO PROCESSING

The washing for potatoes in São Paulo, for the fresh market or industry, consumes excessive amounts of water, causing damage to the environment mainly due to waste water discharge from the washing step. Considering the requirement of the consumer market for washed potatoes, and the need to reduce water consumption, the hypothesis is that it is possible to reduce water consumption on the washing of potato just modifying the configuration of the equipment currently used (flow and rotation), and maintaining the cleaning efficiency without affecting quality. Therefore, the main goal was to evaluate the cleaning step in processing lines of washed potatoes produced in the state of Sao Paulo, and propose modifications to reduce the amount of water and with maintenance of product quality and cleaning efficiency. Therefore, early, characterization of the cleaning step was made in processing and classification units of washed potatoes in the state of Sao Paulo, identifying the method of washing used, types of rollers / brushes, average speed of the product, and water volume consumed on this step. From the characterization study, changes were proposed in the cleaning step that would improve the efficiency with respect to water consumption and cleaning product. The cleaning efficiency, water consumption, and influence of improvement in the quality of washed potatoes were evaluated and compared in the proposed systems. The quality of the processed product was evaluated by the following parameters: weight loss, color, physical damage and firmness. In this study, it was possible to verify that water consumption on processing units can be reduced maintaining cleaning efficiency, only adjusting water flow and rotation of the equipment. Related to tuber quality, it was also observed an increase of mass and firmness loss, and sprouting of washed potatoes compared with unwashed tubers.

KEY WORDS: *Solanum tuberosum* L., post-harvest, processing, washed potatoes.

1. INTRODUÇÃO

A batata é de importância mundial para consumo humano, comparável à de grandes *commodities* ficando atrás somente do trigo, arroz e do milho. Sua importância aumentou nos últimos anos, visto seu grande potencial para substituição da importação de grãos, ou na geração emprego e receita, além de garantir a segurança alimentar em países em desenvolvimento. De acordo com as estimativas da Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, o consumo médio *per capita* no Brasil é de 15kg/ano, enquanto à média nos Estados Unidos gira em torno de 62kg/ano e na Europa chega à 78kg/ano (FAO, 2008). No Brasil, apenas 5% do volume de batata produzido é destinada à indústria (pré-fritas congeladas, batata chips e pré-cozidas), enquanto o restante é destinado ao mercado de consumo *in natura*, sendo submetido, após a colheita, aos processos de beneficiamento e classificação.

O beneficiamento de frutas e hortaliças é imprescindível aos produtores que desejam manter-se competitivos no mercado de produtos *in natura*, sendo necessária a realização contínua de ajustes estruturais e organizacionais, atendendo as exigências das legislações e certificações de qualidade, além das exigências do consumidor final. Quanto ao produto destinado à indústria, há exigências por parte das empresas alimentícias que certificam seus fornecedores de acordo com a qualidade do produto. Hoje também ocorre o aumento da importância da questão sustentabilidade, na qual as empresas preocupam-se em obter um produto com origem socialmente justa, e politicamente correta.

O beneficiamento da batata segue duas vertentes de beneficiamento, a *batata lavada* e *batata escovada*. Dentro do contexto mundial, o mercado brasileiro de batata *in natura* é uma exceção por exigir que a comercialização deste produto seja, quase em sua totalidade, realizado na classificação *batata lavada*, embora esta prática torne o produto mais susceptível à deterioração. Quanto ao produto destinado à industrialização, a *batata lavada* é necessária para que não haja resíduos de solo no processamento.

A prática da lavagem da batata consome volume excessivo de água na limpeza, provocando danos ao meio ambiente, principalmente no despejo da água residual da etapa de lavagem, que na maioria das vezes, é lançada em mananciais e córregos sem nenhum tipo de tratamento.

Tendo em vista a exigência do mercado pela *batata lavada*, e a necessidade da redução do consumo de água nas unidades de beneficiamento deste produto, a hipótese deste trabalho é a de que é possível reduzir o consumo de água na etapa de lavagem da batata modificando a vazão da água de lavagem e a rotação das escovas, mantendo a eficiência de limpeza e a qualidade da *batata lavada*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor e avaliar modificações na etapa de limpeza no beneficiamento da *batata* produzida em uma das principais regiões produtoras do Estado de São Paulo, visando à redução do volume de água consumido no processo e a manutenção da qualidade do produto.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar estudo de avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento e de *batata lavada* em uma das principais regiões produtoras, identificando as características do solo, tipo de escovas, o velocidade do tubérculo, o método de lavagem, o volume de água consumido, produção diária e eficiência de limpeza;
- Propor modificações na etapa de limpeza que melhorem a eficiência com relação ao volume de água consumido e limpeza do produto.
- Avaliar a influência do beneficiamento na qualidade da *batata lavada* obtida nos processos de lavagem proposto, verificando a perda de massa fresca, firmeza e danos físicos.
- Avaliar a eficiência de limpeza do beneficiamento proposto associada ao consumo de água aplicado neste processo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A batata

A batata é um tubérculo originário da região andina do continente sul-americano. Pertencente à família das solanáceas, tem por nome científico *Solanum tuberosum* L. A batata constitui a base alimentar em muitos países da Europa, América do Norte e América do Sul, sendo o quarto alimento mais consumido no mundo, após o arroz o trigo e o milho. Uma das culturas que apresenta maior produção de energia e de proteína por hectare por dia, contendo, em média 2,1% de proteína total, que significa cerca de 10,4% do peso seco do tubérculo (PINELI e MORETTI, 2004).

No Brasil, atualmente, predominam as cultivares Monalisa e Ágata. A cultivar Ágata é considerada promissora, em função da sua tuberização precoce, uniformidade e boa aparência dos seus tubérculos, atributo muito exigido pelos consumidores (PINELI e MORETTI, 2004).

A produção total de batata corresponde aproximadamente ao consumo nacional, sendo que aproximadamente 95% são consumidas *in natura*, e o 5% restante na forma industrializada como pré-fritas congeladas, chips e pré-cozidas (FNP Consultoria & Comercio, 2004).

3.2 Comercialização da batata

De acordo com os dados da FAO (FAO Statistics Division, 2011), a produção da batata brasileira tem crescido ao longo dos anos (Figura 1). O ano de 2008 foi considerado o ano internacional da batata (International Year of the Potato), instituído com o objetivo de aumentar a conscientização sobre a importância da batata em questões globais como a pobreza, fome, e o meio ambiente (FAO, 2008). Neste mesmo ano houve um recorde na produção brasileira, chegando à 3.676 mil toneladas, sendo cerca de 70% deste volume produzido nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná. Em 2009 a produção teve uma queda de 6,6% (3.434 mil toneladas). Segundo dados do IBGE, no ano de 2010 a safra chegou à 3.595 mil toneladas, e espera-se que no ano de 2011 tenha havido uma recuperação ainda maior, chegando à 3.790 mil toneladas (IBGE, 2011).

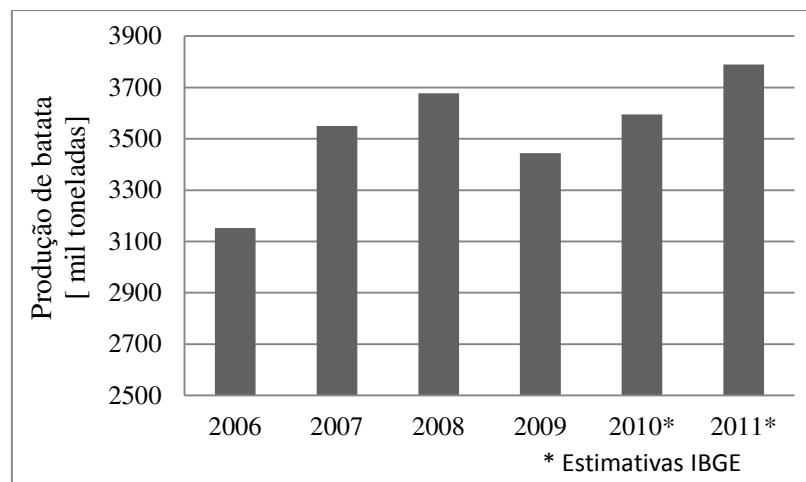


Figura 1: Produção brasileira anual de batata (fonte: FAOSTAT- 14 April 2011; IBGE, 2011).

Segundo dados do IEA, no ano de 2009, os municípios paulistas que mais produziram o tubérculo foram Itapetininga (184.624 toneladas) e Itapeva (83.800 toneladas) com produtividade anual de 24,3 e 33,4 t/ha, respectivamente.

Iuamoto (2005) afirmou que a comercialização da batata no Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP) da Central de Entrepastos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) cresceu 26% em volume, de 2000 a 2003, Já entre 2006 e 2009 a comercialização na CEAGESP caiu em 3,34%, segundo dados apresentados por FNP Consultoria & Comercio (2010). Segundo Iuamoto (2005) pouco mais da metade do volume total comercializado no mercado da CEAGESP é proveniente do estado de São Paulo. Em segundo lugar, está o estado de Minas Gerais, com 30% da participação, seguido pelo Paraná, com 14% do volume total. O restante é dividido entre os estados de Santa Catarina, Goiás, Rio Grande do Sul e outros.

De acordo com Pineli e Moretti (2004), no Brasil cerca de 5% da batata produzida é destinada á indústria, enquanto a indústria americana processa cerca de 67% da sua produção, estimada em 23 milhões de toneladas, o que corresponde a aproximadamente 10 vezes a produção brasileira.

Estudos da Associação Brasileira da Batata - ABBA, mostram que as principais variedades encontradas atualmente no mercado de São Paulo da CEAGESP são: Ágata, Monalisa, Baraka, Cupido, Caesar e Asterix, sendo que a cultivar Ágata, apresenta destaque na comercialização.

Um estudo realizado por Madail *et al.* (2009) mostra que a batata é o principal produto na lista das frutas e verduras dos consumidores, que o fazem com regularidade, em sua grande maioria em supermercados. Na hora da compra os consumidores se concentram no tamanho, formato e cor da película, preferindo tubérculos médios, alongados e vermelhos.

Segundo Jemison Jr. *et al.* (2008), as características mais importantes da batata que influenciam na decisão de compra por parte dos consumidores são a qualidade da casca e a origem do produto, sendo que 30% das pessoas entrevistadas pontuaram o fator qualidade da casca com maior pontuação possível. Por sua vez, os fatores mais importantes considerados na qualidade de batatas frescas pelo *Standars for grades e Califórnia Food and Agricultural code* são: ausência de danos por insetos e podridão; uniformidade, maturidade, firmeza, limpeza, forma, tamanho, ausência de brotos, coração negro, esverdeamento, e outros defeitos (KADER, 1992).

3.3 Pós-colheita

Após o arranquio, os tubérculos permanecem no campo por cerca de duas horas para perda da água superficial. Em seguida, os tubérculos são beneficiados por meio de lavagem, escovação, secagem por ventilação e classificação por peneiras quanto ao tamanho e seleção visual da qualidade (PINELI e MORETTI, 2004). Os cuidados na colheita e manuseio pós-colheita são imprescindíveis para se ter um produto de qualidade, evitando ferimentos, abrasões (BRAUN, 2007). Batatas de boa qualidade são consideradas com certa firmeza, relativamente homogênea com relação ao tamanho, sem defeitos, sem brotos e sem coloração e desfavorável. No entanto, estes elementos podem variar de acordo com o grau de maturidade, época de colheita, variedade, e às condições de armazenamento (NOURIAN *et al.*, 2003).

3.3.1 Perdas na Pós-Colheita

As perdas de pós-colheita de produtos agrícolas estão diretamente relacionadas ao manuseio, transporte e armazenamento inadequado do produto, desde a colheita até a chegada ao consumidor final (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Segundo Henz (1993), a lavagem da batata pode favorecer a deterioração além de tornar visíveis os defeitos que se achavam encobertos pelo solo aderido.

As perdas na cadeia produtiva da batata variam em média de 5-10% da produção dependendo do local e época do ano. Há regiões em que os descartes são mais críticos, podendo ultrapassar 25% da produção e durante a safra de verão, quando ocorrem as maiores perdas. Os motivos que causam maior descarte na bataticultura são principalmente os relacionados aos aspectos visuais do produto, considerado um indicativo de qualidade (NARDIN, 2007).

O descarte também é considerado como perda pós-colheita (da colheita ao beneficiamento). Entre as causas mais frequentes de descarte estão doenças, pragas, distúrbios fisiológicos e danos mecânicos. Henz (1993) trata como descarte a diferença do peso da carga da entrada e da saída da batata, depois de ter sido limpa e classificada. Assim, é tido como descarte os tubérculos que apresentam defeitos graves, ou seja, sem condições de comercialização, e o solo que vem aderido aos tubérculos. A quantidade de solo de cada carga depende de fatores como: época de cultivo, característica de solo e clima predominante na fase de colheita. Moraes *et al.* (2007) verificou que, quando a batata é colhida em solo com umidade de 19%, cerca de 10% da carga que chega às lavadoras correspondem à terra solta.

3.3.2 Beneficiamento

Os equipamentos nacionais de beneficiamento e classificação surgiram na década de 1970, para o beneficiamento de frutas cítricas e batata, com as primeiras importações ocorrendo somente na década de 1990 com a abertura do mercado nacional (SAKAI, 2004). Os equipamentos de beneficiamento foram desenvolvidos para agilizar o processo de beneficiamento e classificação, bem como padronizar as frutas e hortaliças a serem comercializadas. No entanto, esses equipamentos precisam ser bem projetados e calibrados para garantir eficiência ao processo (SARGENT *et al.*, 1992).

A manutenção da qualidade e da boa imagem do produto deve ser uma preocupação constante de todos os envolvidos no sistema produtivo. Segundo Henz e Brune (2004), existem vários sistemas de manuseio pós-colheita de batata no Brasil, que são adotados de acordo com a região de cultivo, localização da propriedade, tamanho da propriedade, equipamentos da beneficiadora e mercado de destino. Os produtores brasileiros, em geral, procedem ao arranquio dos tubérculos e a exposição destes na superfície do solo por 2 à 4 horas, para secagem inicial ou perda de água superficial, reduzindo a incidência de danos, e

promovendo melhor resistência aos tubérculos. Em seguida, os tubérculos são selecionados, classificados e ensacados manualmente no próprio campo ou, alternativamente, transportados direto do campo, sem nenhuma classificação, para o local ou galpão de beneficiamento, quando então são lavados (Figura 2) ou escovados e classificados (FINGER e FONTES, 1999).



Figura 2: Sistemas de aspersão na lavagem de batata– (à direita: sistema de jatos por tubos de PVC furados – à esquerda: sistema de aspersão).

3.3.3 Limpeza do produto

A etapa da limpeza é uma das principais no sistema de beneficiamento de frutas e hortaliças. Segundo Fonseca e Minami (1982), a operação de lavagem é essencial para a remoção de partículas de solo, ovos de insetos, larvas e outras sujidades em produtos tais como a batata, o tomate, a laranja, etc.

A batata usualmente é lavada ou escovada antes da comercialização. A escovação é tecnicamente mais recomendável para evitar perdas por deterioração, no entanto, a lavagem é mais popular, e tem seguido uma tendência crescente no mercado por tornar os tubérculos mais limpos e atraentes, facilitando a identificação de defeitos e favorecendo a praticidade no manuseio do produto (HENZ, 1993). Por outro lado, Finger e Fontes (1999) afirmam que estas vantagens obtidas na lavagem podem acentuar os seus defeitos e ainda torná-los mais susceptíveis à deterioração e ao esverdeamento, além de aumentar a porcentagem de descarte e onerar o seu preço final. Uma das responsáveis pela deterioração mais comuns resultantes da lavagem é a podridão-mole, causada por bactérias do gênero *Erwinia* (BARTZ, 1984).

Henz (1993) afirma que a decisão por lavar a batata depende de vários fatores, tais como a exigência do mercado a que destina; cultivar; época de colheita; característica do solo da região em que foi produzida; condição e aparência do tubérculo.

Calbo e Nery (2000) estudaram a absorção e infiltração de água por raízes de batata doce, através de ferimentos durante a lavagem, mostraram a evidência de alterações biofísicas temporária no produto submetido à imersão, como a redução da pressão interna, o aumento do volume intracelular, a entrada de água dentro do tecido através dos espaços intercelulares e a obstrução das trocas gasosas. Os autores verificaram que existe absorção de água através das paredes e membranas celulares em raízes intactas. Já em raízes segmentadas, a infiltração de água através dos volumes intercelulares foi dominante, podendo-se considerar que partículas como bactérias e esporos possam ser arrastados para o interior do produto pela infiltração de água durante a lavagem dos tecidos mecanicamente danificados.

Nos países que armazenam a batata por vários meses a lavagem só é feita após o armazenamento. Segundo Finger e Fontes (1999) o período de conservação da batata que é tipicamente de 30 à 40 dias diminui para 7 à 15 dias com o uso da lavagem, durante o armazenamento sem refrigeração no Estado de Minas Gerais. Paz y Mino (1992) observou que no armazenamento, as batatas lavadas apresentaram porcentagem de brotamento maior com relação às não lavadas, e justificou o fato pela camada de terra que envolvia o tubérculo, funcionando como uma barreira na absorção de oxigênio, retardando assim o crescimento dos brotos.

3.3.4 Consumo de água em linhas de beneficiamento

Em uma linha de beneficiamento, a água deve ser de boa qualidade para tanto, há necessidade de monitoramento constante.

A captação de água deve estar sempre distante das possíveis fontes de contaminação como as redes de esgoto ou outras fontes, evitando assim a perda na qualidade do produto através da contaminação pela água (FERREIRA, 2003).

A lavagem do tubérculo é ainda uma prática questionável, porém já faz parte do contexto da cultura da batata destinada ao mercado *in natura*, por diversos fatores citados no item anterior. Alguns dos problemas observados na lavagem referem-se à quantidade e qualidade da água residual derivadas deste processo. Além da boa qualidade da água de

lavagem, Lopes (2006) sugere que a água residual seja tratada e descartada de forma ambientalmente correta, por exemplo, seguindo a resolução vigente do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA (RESOLUÇÃO CONAMA nº 357 de 2005) que estabelece condições e padrões de efluentes.

Silva *et al.* (2008) observaram que uma maior quantidade de água, não indica maior eficiência no processo de lavagem e limpeza. Segundo Silva *et al.* (2008), a eficiência da limpeza pode estar mais relacionada com menores quantidades de água associadas, por exemplo, à escovação e pressão da água aplicada, do que apenas um excessivo volume de água. Portanto, é necessário buscar uma otimização do sistema de lavagem de modo que a água, no sistema de beneficiamento seja utilizada de forma racional.

Ferreira e Netto (2007) observaram que as etapas mais longas nas linhas de beneficiamento avaliadas foram as de limpeza e secagem (em média 16m e 10m respectivamente). As etapas de limpeza, em geral eram compostas por uma associação de jatos de alta pressão, e um número maior de bicos, fazendo com que os produtos permanecessem maior tempo expostos à lavagem. Deste modo, os equipamentos avaliados cujo sistema de aspersão era composto por *spray* consumiam entre 15.420 e 38.520 litros de água por hora de funcionamento. Já os equipamentos que utilizavam tubos de PVC furados para aspersão consumiam entre 55.080 a 168.000 litros de água por hora de funcionamento.

3.3.5 *Água residual*

O volume de água utilizado no processo é elevado, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias que minimizem o consumo de água no processo de beneficiamento tendo em vista o volume gerado de efluente, os padrões de lançamento de efluentes impostos pela legislação ambiental e a eminente instituição da cobrança pelo uso da água na agricultura. (MORAES *et al.*, 2007).

De acordo com Borges (2007), para o tratamento de Águas Residuárias são necessárias as seguintes etapas: Remoção dos contaminantes (tratamento primário, secundário ou terciário); remoção de material suspenso; remoção de material dissolvido.

Moraes *et al.* (2007) considerou o modelo de Estação de Tratamento de Água (ETA) ideal para um sistema de tratamento de água residual de lavadoras de batata, considerando que o efluente gerado é composto basicamente por água e solo. Assim, o sistema seria composto

por caixa de areia, misturador rápido, aplicador de coagulante, misturador lento, decantador e leito de secagem. Segundo Moraes *et al.* (2007), seria necessário um mecanismo de remoção do solo, antes da pré-lavagem, evitando que grande quantidade de solo seja recebida na lavadora.

Embora Moraes *et al.* (2007) tenha considerado uma ETA para o tratamento de água residuária deve-se considerar uma ETE – Estação de tratamento de efluente.

Segundo Matos (2005), na lavagem de raízes (cenoura, mandioca) ou tubérculos (batata) é grande presença de partículas de solo em suspensão nas águas residuárias, apresentando sendo necessário um decantador primário, diariamente, limpo para o adequado tratamento dessas águas.

Águas residuárias do processamento de cenoura e tomate apresentam DBO de 800-1.900 e 450-1.600 mg.L⁻¹, respectivamente. Já a lavagem de batata gera efluentes com DBO em torno de 3.300 mg.L⁻¹, sendo necessário o tratamento do efluente. Em corpos hídricos, este tipo de efluente pode elevar a DBO, provocando a diminuição do oxigênio dissolvido no meio; alteração da temperatura e aumento da turbidez, eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água.

i. Turbidez

A turbidez da água causada principalmente por partículas inorgânicas tem forte implicação para a luz subaquática ambiental. Afetando as condições físicas, químicas e biológicas de lagoas variando a temperatura, a penetração de luz, a concentração de nutrientes dissolvidos contaminantes inorgânicos e orgânicos, biomassa e a produtividade do fitoplancton (LOPARDO, 2002).

ii. Sólidos

Por definição *Sólidos Totais* é o termo aplicado ao resíduo de material permanecido no recipiente após a evaporação de uma amostra e subsequente secagem em estufa à temperatura de 103 a 105°C, até peso constante (MEDEIROS, 2006).

Os sólidos podem ser classificados simplifadamente por suas características físicas (tamanho e estado): Suspensos ($1\ \mu\text{m} < \text{tamanho} < 103\ \mu\text{m}$); Coloidais ($10^{-3}\ \mu\text{m} < \text{tamanho} < 1\ \mu\text{m}$); Dissolvidos ($\text{tamanho} < 10^{-3}\ \mu\text{m}$).

Os sólidos suspensos constituem uma variável de característica física da água decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, de sólidos suspensos finamente divididos ou em estado coloidal e de organismos microscópicos. Podem ser usados também como medida de transparência (LOPARDO, 2002). Segundo Hakanson *et al.* (2000), as partículas sólidas suspensas estão diretamente relacionadas com diversas variáveis de uso geral na gestão de lagoas como indicadores de limpidez da água.

MELO *et al.* (2000), afirma que a maioria das partículas suspensas é formada principalmente de microorganismos vivos ou mortos. Sob este aspecto a quantificação dos sólidos suspensos torna-se relevante, pois seus valores estão diretamente relacionados com a matéria orgânica presente no efluente.

3.3.6 Métodos de análise da eficiência de limpeza

A lavagem é a principal etapa no beneficiamento da *batata lavada*, pois é responsável pela retirada de impurezas externas dos produtos. Magalhães *et al.* (2006) comparou duas metodologias de análise, a fim de verificar qual poderia melhor expressar a eficiência de limpeza. Para os dois métodos, foram utilizadas esferas de borracha simuladoras de frutos (70mm) e uma sujidade sintética, a qual foi aplicada na superfície das esferas. As esferas passaram por protótipo de limpeza com rotação das escovas ajustada em 100 rpm e vazão de 800 ml. min⁻¹. No primeiro método, chamado de método do colorímetro (Minolta Hunter Lab, modelo 45/0-L), as esferas eram submetidas à limpeza em um pedaço de tecido branco e depois realizava-se a leitura do parâmetro L*. No método de análise pelo turbidímetro (MS Tecnopon Instrumentação Científica, modelo TB 1000; com leitura de 0 a 100 NTU e precisão de 2%), as esferas após passarem pelo protótipo foram lavadas com 500 ml de água e então realizou-se a leitura do número de turbidez (NTU). Magalhães *et al.* (2009) demonstrou que o método de análise pelo turbidímetro foi mais eficaz, por representar pequenas diferenças no teor de sujeira em grande concentração. No método de análise em colorímetro, ocorreu a saturação do tecido, não representando a eficiência de limpeza. Contudo, este método pode ser indicado para sujeira em menor concentração.

3.3.7 Eficiência de Limpeza

Com relação às escovas na lavagem de tomates, Magalhães (2007) verificou que escovas de nylon se mostraram mais eficientes com relação à limpeza quando comparada as cerdas de PET, por as cerdas possuírem maior flexibilidade, já que a sujidade avaliada pôde ser considerada leve, necessitando basicamente de um polimento. Para estas escovas, foi recomendada a rotação de 80 rpm. Escovas com cerdas de fibra de coco, com rotações de 120 e 160 rpm foram eficientes no processo de limpeza de esferas de borracha, porém, para os frutos de tomate, houve queda nos valores de perda de massa e aumento da atividade respiratória. Segundo Ferreira (2008), as escovas com cerdas de fibra de coco são mais indicadas para produtos com que apresentam uma película protetora mais resistente (espessa) e com maior agregação de sujeira de campo.

3.3.8 Danos físicos

Jobling (2000) afirmou que as perdas devido a impacto mecânico e danos físicos em batata podem chegar até 40% na pós-colheita influenciando diretamente no aumento da incidência de doenças. Ferreira e Netto (2007) afirmaram que altas rotações dos roletes/escovas nas linhas de beneficiamento, podem causar danos físicos aos tubérculos. De acordo com Moretti e Sargent (2000), danos mecânicos devidos a impactos, compressão, vibração, cortes e rachaduras estão relacionadas com alterações fisiológicas, metabólicas, de aroma, sabor e qualidade em diferentes produtos hortícolas tais como maçãs, pepinos, batatas e tomates.

Lesões externas em batatas caracterizam-se pela descoloração da superfície danificada, causada pelo aumento da pigmentação produzida, proporcionando o escurecimento à superfície impactada (EXPIDO *et al.*, 2005).

Na etapa de limpeza, os danos em produtos podem ocorrer devido rotações e cerdas inadequadas. Na limpeza do tomate de mesa, Magalhães (2007) verificou que o mesmo tipo de cerdas flexíveis combinadas com rotações de 80 e 120 rpm alteraram a qualidade dos frutos logo após a limpeza, e para rotação em 160 rpm as alterações nos frutos foram menores, porém com ineficiência no processo de limpeza.

3.3.9 Cor

A coloração e aparência dos tubérculos são fatores importantes que tem a influência na decisão do consumidor (JEMISON JR. *et al.*, 2008; CHITARRA e CHITARRA, 2005). Com o objetivo de avaliar quais são os fatores mais importantes para o consumidor, Jemison Jr. *et al.* (2008) entrevistaram em dois anos 275 pessoas residentes nos Estados Unidos, em quatro localidades do país, para avaliar os padrões de consumo de batata fresca e para determinar como as características específicas da batata influenciam na decisão entre as variedades. A maioria dos entrevistados foram mulheres com idade entre 41 e 60 anos. A característica mais importante observada pelos autores, que influenciaram na decisão de compra, foi a qualidade da casca do produto, independente da coloração da variedade.

Sanche, *et al.* (2009) observaram que durante o armazenamento sob condições ambiente ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR), a casca dos tubérculos lavados da cultivar Baraka apresentou decréscimo aos 35 dias na luminosidade e o ângulo Hue da casca, enquanto que a cromaticidade permaneceu praticamente constante.

Melo e Brune (2005), relatam que as alterações de coloração dos tecidos envolvem escurecimento enzimático, esverdeamento e descoloração. O esverdeamento, segundo Melo e Brune (2005), ocorre pelo desenvolvimento de clorofila e glicoalcalóides (Figura 3). O desenvolvimento destas substâncias é influenciado pelo estágio de maturidade destes, pela intensidade de luz, pela temperatura e pela cultivar.



Figura 3: Esverdeamento em batata. (Fontes: MELO & BRUNE 2005; PAVLISTA, 2011).

Tubérculos imaturos são mais suscetíveis ao esverdeamento que os maduros. A ocorrência do esverdeamento em campo ocorre quando os tubérculos estão próximos à superfície do solo ou quando os procedimentos de amontoa não foram eficientes (BRAUN, 2007).

Este processo indesejável é variável de genótipo para genótipo. Cultivares de batata, cujos tubérculos sejam resistentes ao esverdeamento têm grande importância econômica. A síntese de glicoalcalóides, quando em grande quantidade nos tubérculos, leva ao desenvolvimento de um sabor amargo e picante e podem causar intoxicação alimentar, quando ingeridos em grandes quantidades. E, embora não tenham participação no esverdeamento dos tubérculos, o fato de a síntese desses alcalóides ser como a da clorofila, induzida pela luz, leva a associação do esverdeamento ao sabor amargo (MELO e BRUNE, 2005).

No Brasil, é grande a importância econômica de uma cultivar de batata com tubérculos resistentes ao esverdeamento devido à prática de lavar os tubérculos antes da comercialização e transportá-los em sacos rendilhados (BRUNE e MELO, 2001).

Sanches *et al.* (2009) verificaram a presença de esverdeamento em tubérculos de batata que surgiu no décimo quarto dia e se intensificou até o final do período de 35 dias de armazenamento. Sendo que houve diferença significativa na evolução do esverdeamento entre diferentes cultivares (Baraka, Ibituaçu, Apuã e Aracy).

Segundo Brune e Melo (2001) o esverdeamento dos tubérculos tem sido avaliado, na maioria das vezes, por meio de escalas visuais aleatórias. Entretanto, a intensidade de verde, atribuída a cada ponto dessas escalas, é um valor subjetivo, e por isso, não apresenta a reprodutibilidade desejada. Uma alternativa seria o uso de colorímetro, por ser um método quantitativo objetivo.

Pereira *et al.*, (2001) avaliaram uma nova variedade do tubérculo desenvolvida com pouca sensibilidade ao esverdeamento. Segundo o autor, esta variedade se distingue por apresentar excelente aparência, boa resistência de campo à requeima e à pinta preta, porém apresenta baixo peso específico e alto teor de açúcares redutores não sendo adequado portanto para fritura (PEREIRA e CAMPOS, 1999).

Jemison Jr. *et al.* (2008) salientam a importância do desenvolvimento de novas variedades e métodos de produção que aumentem a obtenção de batatas atrativas e sem manchas, atendendo deste modo, as exigências do consumidor deste ponto de vista, porém é papel da engenharia agrícola melhorar e desenvolver processos que conservem a qualidade do produto.

3.3.10 Perda de massa

Sanches *et al.* (2009) verificaram que a evolução da perda massa fresca dos tubérculos de batata armazenados a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR ao longo do tempo de armazenamento. A cultivar Baraka foi a que perdeu menos massa (2,75%) quando comparada com Ibituaçu (3,87%), Apuã (4,70%); e Aracy (4,78%).

3.3.11 Brotação

Durante o crescimento dos brotos ocorre aumento acentuado da respiração para suprir as necessidades energéticas, o que resulta na degradação de reservas, translocação de carboidratos, perda de água por transpiração e, conseqüentemente, perda de massa fresca dos tubérculos (Bisognin *et al.*, 2008).

Sanches *et al.* (2009) observaram que a brotação não ocorreu até os 7 dias de armazenamento, porém no décimo quarto dia, 52% dos tubérculos apresentavam início de brotação, havendo aumento da porcentagem de tubérculos brotados e do número de brotos por tubérculo em função do tempo e, em conseqüência, levando a maior perda de massa fresca. Aos 35 dias de armazenamento, 91% dos tubérculos apresentavam brotação.

Bisognin *et al.*, (2008) avaliaram o envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. Com relação ao brotamento Bisognin *et al.* (2008), avaliaram os tubérculos brotados pela contagem de tubérculos com pelo menos um broto de 2 mm de comprimento. Durante o crescimento dos brotos ocorre aumento acentuado da respiração para suprir as necessidades energéticas, o que resulta na degradação de reservas, translocação de carboidratos, perda de água por transpiração e, conseqüentemente, perda de massa fresca dos tubérculos.

3.3.12 Índice de Firmeza

A textura das batatas é um componente da qualidade que pode ser mensurada de diversas maneiras. Geralmente é quantificada com a resistência do produto à uma determinada força aplicada, e pode ser mensurada em termos de dureza, rigidez ou firmeza (NOURIAN *et al.*, 2003).

Vários fatores podem tornar batatas menos resistentes à pressão ou contusão. Por exemplo, temperatura da colheita, grau de maturação dos tubérculos, danos físicos, e as condições de armazenagem como temperatura e umidade (UNIVERSITY OF IDAHO, 1985).

Alterações na firmeza podem ser determinadas pela técnica de aplanação descrita por Calbo e Nery (1995). O aplanador mede a firmeza do produto dependente da pressão de turgescência das células (que é a firmeza dependente da hidratação) percebida pelo consumidor percebe quando pressiona o produto entre os dedos.

4. METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em duas etapas. Em uma primeira etapa ocorreu a avaliação de desempenho da etapa de lavagem, em unidades de beneficiamento de batata e em uma segunda etapa, foram realizados ensaios em laboratório, avaliando a eficiência no processo de limpeza com a redução do consumo de água para dois solos de diferentes regiões (com diferentes teores de argila).

4.1 Primeira Etapa – Avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento

Nesta etapa foram avaliadas cinco unidades de beneficiamento (UBs) localizadas na região de Vargem Grande do Sul, estado de São Paulo, indicadas pela Associação dos Bataticultores de Vargem Grande do Sul (ABVGS). Para preservar a identidade das UBs, estas foram identificadas de A à E.

A ABVGS abrange além do município de Vargem Grande do Sul, o município de Casa Branca, São João da Boa Vista, somando cerca de 20 unidades de beneficiamento. Desta região, buscou-se avaliar as UBs de maior nível tecnológico, segundo a indicação da ABVGS. A associação considera unidades com maior nível tecnológico aquelas que não mais utilizam na etapa de limpeza canos perfurados e sim algum tipo de mecanismo para redução no uso de água, em geral bico tipo spray.

Para a avaliação de desempenho, em cada unidade avaliou-se especificamente a etapa de lavagem dos tubérculos, observando-se as seguintes características:

- *Extensão da linha de lavagem* – realizada com o auxílio de uma trena profissional ($\Delta S \pm 0,5\text{mm}$), medindo-se a extensão de molhamento da linha de lavagem.
- *Tempo médio de permanência do tubérculo na linha de lavagem* – com o auxílio de um cronômetro mediu-se o intervalo de tempo em que um tubérculo previamente marcado percorreu a etapa de lavagem durante o fluxo normal de funcionamento da lavadora, em três repetições (ΔT).

- Para o cálculo da velocidade média de deslocamento do tubérculo na etapa de lavagem foi feita a razão entre o *comprimento da etapa de lavagem* (ΔS) e o *tempo médio de permanência do tubérculo na etapa de lavagem* (ΔT).
- *Rotação média das escovas* – Determinada por um tacômetro digital (marca: Mitutoyo Sul Americana Ltda.) em três repetições.
- *Tipo de cerdas dos roletes de lavagem* – Identificação dos tipos de cerdas de acordo com a origem: vegetal, animal ou sintético.
- *Vazão média da lavadora* – mensurado através do método direto, sendo coletado, com o auxílio de um béquer graduado (1000 ml), o volume de água em bocais de aspersão aleatórios por um tempo determinado de 10 segundos, em cinco repetições, multiplicando-se a vazão média calculada pelo número de bocais de aspersão da lavadora. Embora o béquer graduado não apresente muita precisão volumétrica, o recipiente foi considerado suficiente para estimativa, este tipo de sistema apresenta grande variação de pressão, além da falta de manutenção dos bocais que provoca entupimentos e imprecisões nos jatos.

Com relação à utilização da água, foram verificados a origem, o destino do efluente, e o volume diário consumido no sistema de aspersão da linha de beneficiamento.

Após a avaliação de desempenho das unidades de beneficiamento, analisou-se a eficiência de limpeza de cada unidade, conforme descrito no item 4.1.1 descrito a seguir.

4.1.1 Métodos de avaliação da eficiência de limpeza em unidades de beneficiamento

Para a avaliação da eficiência de limpeza foram utilizados 30 tubérculos, sendo 15 tubérculos lavados pela lavadora e 15 tubérculos com a sujeira de campo para obtenção da “sujeira padrão”. Foram selecionados cuidadosamente os tubérculos com diâmetro médio de 82mm (Classe I de acordo com as Normas de Classificação da Batata, *Solanum tuberosum* L., para o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros), de modo que a amostra fosse homogênea com relação ao tamanho.

Os tubérculos amostrados foram lavados individualmente com 250ml de água destilada. Esta água residual foi reservada em frascos de 300ml com tampa, para medidas de turbidez (MAGALHÃES, 2007), sólidos totais e sólidos suspensos (MEDEIROS, 2006).

i. Índice de limpeza pelo método do turbidímetro (IL_T)

Todas as análises de turbidez foram realizadas em turbidímetro de bancada (MS Tecnopon Instrumentação Científica, modelo TB 1000; com leitura de 0 a 1000 NTU e precisão de 2%). As amostras foram agitadas e transferidas para o turbidímetro, conforme metodologia descrita por Magalhães (2009). Os resultados foram apresentados em função do índice de limpeza descrito pela Equação 1.

$$IL_t = \left(\frac{NTU_{\text{padrão}} - NTU_{\text{amostra}}}{NTU_{\text{padrão}}} \right) \times 100 [\%] \quad \text{Equação 1}$$

onde:

IL_t = índice de limpeza obtido pelo método do turbidímetro (%);

$NTU_{\text{padrão}}$ = valor médio do número de turbidez do padrão de sujeira (sujeira de campo);

NTU_{amostra} = número de turbidez de cada amostra.

ii. Índice de limpeza pelo método de quantificação dos sólidos totais (IL_{ST})

Os sólidos totais consistem no peso dos sólidos da amostra. A determinação dos sólidos totais à 103-105°C foi realizada de acordo com a metodologia apresentada por Medeiros (2006).

Cápsulas de porcelana foram previamente secas em forno mufla à 550°C, por uma hora. As cápsulas foram colocadas no dessecador até que atingisse a temperatura ambiente, para que então fossem pesadas em balança analítica (modelo *Marte AY 220* 0,0001g). Para cada cápsula foi transferida uma porção de 100ml da amostra homogeneizada por meio de agitação. Na sequência, as cápsulas foram levadas ao banho-maria até que toda amostra fosse seca, e em seguida colocadas em estufa à 103-105°C, durante duas horas. Depois de retiradas da estufa, as cápsulas foram levadas ao dessecador para que o conjunto esfriasse e então pesado em balança analítica.

Os sólidos totais foram calculados pela Equação 2.

$$ST = \frac{(A - B) \times 2,5}{100} \quad (g/250ml) \quad \text{Equação 2}$$

onde: ST = Sólidos totais da amostra;

A = peso da cápsula mais resíduo seco à 103°C, em g;

B = peso da cápsula vazia, em g.

Os resultados foram apresentados em função do índice de limpeza descrito pela Equação 3.

$$IL_{ST} = \left(\frac{ST_{padr\tilde{a}o} - ST_{amostra}}{ST_{padr\tilde{a}o}} \right) \times 100 [\%] \quad \text{Equação 3}$$

onde:

IL_{ST} = índice de limpeza obtido pelo método dos sólidos totais (%);

$ST_{padr\tilde{a}o}$ = valor médio da massa de sólidos totais do padrão de sujeira (sujeira de campo);

$ST_{amostra}$ = massa de sólidos totais de cada amostra.

iii. *Índice de limpeza pelo método de quantificação dos sólidos suspensos (IL_{SS})*

A determinação dos sólidos suspensos das amostras foi realizada segundo a metodologia apresentada por Medeiros (2006). Para a determinação dos sólidos suspensos, uma porção conhecida das amostras homogeneizadas (100ml) foi filtrada individualmente utilizando o sistema à vácuo, e filtros de fibra de vidro (0,45 μ m), calcinados em forno mufla por uma hora à 550°C, e cada filtro teve seu peso aferido em balança analítica (modelo *Marte AY 220* 0,0001g). Após a filtragem os filtros foram levados à estufa por duas horas à 103 – 105°C. Depois de esfriar em dessecador, os filtros foram pesados em balança analítica (modelo *Marte AY 220* 0,0001g).

Os sólidos suspensos foram calculados pela Equação 4.

$$SS = \left(\frac{D - F}{Vol} \right) \times 250 \quad \frac{g}{250ml} \quad \text{Equação 4}$$

onde: SS = Sólidos suspensos da amostra;

D = peso do filtro mais sólidos, em g;

F = peso do filtro seco e limpo, em g;

Vol = volume filtrado da amostra em litros.

Os resultados foram apresentados em função do índice de limpeza descrito pela Equação 5.

$$IL_{SS} = \left(\frac{SS_{padr\tilde{a}o} - SS_{amostra}}{SS_{padr\tilde{a}o}} \right) \times 100 [\%] \quad \text{Equação 5}$$

onde:

IL_{SS} = índice de limpeza obtido pelo método dos sólidos suspensos (%);

$SS_{\text{padrão}}$ = valor médio da massa de sólidos suspensos do padrão de sujeira;

SS_{amostra} = massa de sólidos suspensos de cada amostra.

4.2 Segunda Etapa – Ensaios em laboratório para alterações no sistema de limpeza

Após a avaliação de desempenho da etapa de limpeza das cinco unidades de beneficiamento, ensaios foram realizados em protótipo de beneficiamento instalado no laboratório UNIMAC da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP (Figura 4).

Neste protótipo, baseando-se nos resultados obtidos na primeira etapa, definiram-se três níveis de rotação e três níveis de vazão. Definiu-se ainda o tempo de lavagem em 1 minuto, sendo controlado pelo fluxo dos tubérculos. Foram analisados tubérculos provenientes de duas regiões distintas: Monte Mor e Itapetininga.

A verificação da interferência dos parâmetros envolvidos na eficiência de limpeza e qualidade dos tubérculos, foi realizada em tubérculos provenientes de solos de diferentes regiões, Solo 1 e Solo 2.

O protótipo com comprimento de 1,50m foi equipado com escovas com cerdas de fibra de coco (Comprimento: 0,50m; Diâmetro: 110mm; Diâmetro da fibra igual à 0,30 mm), fabricadas por “Barana Industria e Comercio” (Figura 5), tendo em vista ter sido identificada na primeira etapa, como a mais utilizada pelas unidades de beneficiamento avaliadas.



Figura 4: Protótipo de beneficiamento.



Figura 5: Escova com cerdas de fibra de coco (Comprimento: 0,5m; Diâmetro: 110mm).

4.2.1 Origem dos solos

Para o ensaio foram utilizados dois lotes de tubérculos, ambos da cultivar Ágata, provenientes de regiões distintas, com o intuito de verificar a interferência do tipo de solo na eficiência de limpeza. Ambos os lotes de tubérculos foram obtidos no Estado de São Paulo, nos municípios de Monte Mor-SP (Solo 1) e Itapetininga-SP (Solo 2).

Para a caracterização física dos Solo1 e 2, amostras foram retiradas no local de colheita dos tubérculos em profundidades de 0 à 10, 10 à 20, 20 à 30 e 30 à 40 cm (Borges e Luz, 2008). Para tanto, analisou-se a consistência, pelos tradicionalmente utilizados, o Método de Casagrande; e granulometria, pelo Método da Pipeta. As análises foram realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

4.2.2 Rotação das Escovas

Para a rotação das escovas, foram definidos três níveis próximos aos níveis de rotação praticados nas unidades de beneficiamento avaliadas (180rpm), variando para níveis de rotação 25% e 50% inferiores à este, ou seja, 135 e 90 rpm, respectivamente (Tabela 1).

4.2.3 Vazão (L)

Em laboratório foi avaliada a taxa de vazão por área molhada equivalente à praticada nas unidades de beneficiamento ($1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ – menor taxa), e outros dois níveis, 50 e 35% inferiores à este, ou seja, $0,91$ e $0,64 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ (Tabela 1), respectivamente, já que o objetivo é obter maior eficiência de limpeza com menor consumo de água.

Tabela 1: Vazão e rotação utilizadas

Parâmetros Avaliados	Nível máximo	Nível médio	Nível mínimo
Rotação (RPM)	180	135	90
Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)	1,8	0,91	0,64
Vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	1,38	0,66	0,48

A partir da disponibilidade de quatro tipos de bocais de aspersão, foi realizada a combinação necessária para que fosse alcançado o nível de vazão necessário por área molhada no protótipo de acordo com o tratamento.

Utilizou-se combinação de bicos aspersores (*spray*) com jato do tipo cone cheio, fabricado por Spray Systems S.A., modelos Quick Full Jet-ProMax (QPHA-1.5) e (QPHA-10), FullJet (HH-15) e VeeJet H40-30 (Tabela 2). A pressão média de trabalho do sistema de aspersão foi estimada por intermédio da curva característica dos bicos aspersores, fornecida no catálogo do fabricante.

Tabela 2: Combinação de aspersores utilizados no sistema de aspersão.

Parâmetros Avaliados	Nível máximo	Nível médio	Nível mínimo
Vazão total (m ³ .h ⁻¹)	1,38	0,66	0,48
Combinação de aspersores	2x Full Jet HH-15	Full Jet HH-15	VeeJet HH-15
	2x VeeJet HH-15	Full Jet QPHA-10	Full Jet QPHA-10
		Full JetQPHA-1.5	Full JetQPHA-1.5
Pressão média de trabalho [kPa]	60	120	50

4.2.4 Configurações dos ensaios em laboratório

As configurações avaliadas em laboratório foram identificadas por letras de A à R, incluindo os tratamentos de referência (no qual nenhum tratamento foi aplicado), para os tubérculos do Solo 1 e Solo 2, conforme a Tabela 3. Os tubérculos de todos os tratamentos permaneceram no protótipo de lavagem por 60 segundos.

Tabela 3: Configurações avaliadas em laboratório

Tratamentos	Vazão (m ³ .h ⁻¹)	Rotação (rpm)	Solo
Referência 1	-	-	1
A	1,38	180	1
B	0,66	180	1
C	0,48	180	1
D	1,38	135	1
E	0,66	135	1
F	0,48	135	1
G	1,38	90	1
H	0,66	90	1
I	0,48	90	1
Referência 2	-	-	2
J	1,38	180	2
K	0,66	180	2
L	0,48	180	2
M	1,38	135	2
N	0,66	135	2
O	0,48	135	2
P	1,38	90	2
Q	0,66	90	2
R	0,48	90	2

4.2.5 Eficiência de limpeza

A eficiência de limpeza foi avaliada conforme descrito no item 4.1.1, obtendo-se para cada tratamento os índices de limpeza por turbidez (IL_t), Sólidos totais(IL_{ST}) e Sólidos suspensos (IL_{SS}).

Para análise dos resultados foi adotado o teste Tukey, com p<0,05, com 15 repetições.

4.2.6 Análises de qualidade em tubérculos submetidos à lavagem em laboratório.

Depois de submetidos aos respectivos tratamentos de limpeza (Tabela 3), foram obtidas amostras em grupos de 30 tubérculos por tratamento para que fossem avaliados os parâmetros: perda de massa fresca, danos físicos, coloração e firmeza.

As amostras para os tratamentos foram escolhidas de acordo com a classe, segundo as *Normas de Classificação da Batata (Solanum tuberosum L.) para o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros*. Foram selecionados tubérculos da classe II.2 (determinado pelo maior diâmetro transversal entre 50 e 70mm), e sem dano aparente, de modo que minimizasse a interferência com relação à área superficial dos tubérculos, e danos na colheita.

Os tubérculos foram acomodados em bandejas plásticas, em seguida numerados, pesados (para obtenção da massa inicial) e submetidos à avaliação de coloração com colorímetro MiniScan XE Plus Hunterlab. Foram analisados 20 tubérculos para teste de firmeza e danos físicos. Após as análises os tubérculos foram armazenados em câmara fria regulada em 22°C (+- 1°C) e umidade relativa em torno de 80%, onde permaneceram juntamente com os tubérculos de referência (que não passaram pelo processo de limpeza). Tanto a temperatura, quanto a umidade de armazenamento foram monitoradas com auxílio de equipamento sensor Higrotermógrafo. A cada 48 horas, os tubérculos foram pesados para obtenção da perda de massa fresca, e submetidos à análise de coloração. A cada sete dias de armazenamento, 20 tubérculos foram avaliados para firmeza e danos físicos. Os tubérculos foram descartados quando 80% do lote avaliado tornou-se inviável para comercialização por apresentar brotamento.

i. Perda de Massa Fresca

A massa dos tubérculos foi aferida a cada 48 horas após o processo de limpeza, por meio de uma balança digital (Marte balanças e aparelhos de precisão Ltda, modelo AS1000C), com capacidade máxima de 1000 g e precisão de 0,1 g.

A perda de massa foi calculada de acordo com a Equação 6:

$$P = \frac{(Mi - Mf)}{Mi} \times 100 \text{ [\%]} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

P = Perda de massa [%]

Mi = Massa inicial [g]

Mf = Massa final [g]

Os resultados foram apresentados em forma de gráfico da perda de massa em função do tempo, com comparação entre os tratamentos.

ii. *Coloração*

A coloração externa foi acompanhada a cada dois dias. A determinação da coloração foi determinada com colorímetro MiniScan XE Plus Hunterlab, utilizando-se a escala CIELAB (L^* , a^* , b^*).

- **Componente L^* :** O componente L^* varia de 0 a 100, em que o valor 0 indica o preto e valor 100, o branco.
- **Ângulo Hue :** Indica o valor em graus correspondente ao diagrama tridimensional de cores, sendo, 0° - vermelho, 90° - amarelo, 180° - verde e 270° - azul (Equação 7).

$$Hue = \left(\tan^{-1} b^* / a^* \right) \quad \text{Equação 7}$$

- **Chroma:** Indica intensidade ou saturação de cor e é definido pela distância do ângulo Hue do centro do diagrama tridimensional (Equação 8).

$$chroma = \left(a^{*2} + b^{*2} \right)^{1/2} \quad \text{Equação 8}$$

Para a comparação entre os tratamentos foi realizada análise estatística, aplicando o Teste de Tukey, com nível de significância de 95%.

iii. Danos Físicos

Os danos físicos foram avaliados segundo uma escala de notas de 1 à 5, para avaliação incidência de danos nos tubérculos, sendo:

- 1: 0% da área do tubérculo lesionada;
- 2: 1% da área do tubérculo lesionada;
- 3: 5% da área do tubérculo lesionada;
- 4: 15% da área do tubérculo lesionada.
- 5: 40% da área do tubérculo lesionada.

Cada tubérculo foi avaliado de acordo com a escala descrita acima, utilizando-se de comparação com um gabarito (Anexo 1). A seguir foi calculada a nota média para cada tratamento pela Equação 9:

$$S = \frac{(nota1 \times n) \dots + (nota5 \times n)}{n_{total}} \quad \text{Equação 9}$$

onde:

S= nível de danos físicos;

n = número de tubérculos.

A avaliação da incidência de danos caracterizado como: esfolamento (remoção apenas da epiderme), danos superficiais (menor que três mm de profundidade), e danos profundos (profundidade maior que três mm) ocorridos durante a etapa de limpeza, foi realizada examinando-se cada tubérculo e atribuindo-se uma nota média, de acordo com a escala de notas descrita anteriormente.

iv. Firmeza (Método do Aplanador)

A firmeza foi mensurada pelo método do aplanador, segundo metodologia apresentada por Calbo e Nery (1995), onde o tubérculo foi colocado sobre uma base de madeira. Uma placa aplanadora de peso conhecido (11,4 N), foi apoiada sobre o tubérculo, conforme indicado na Figura 6.

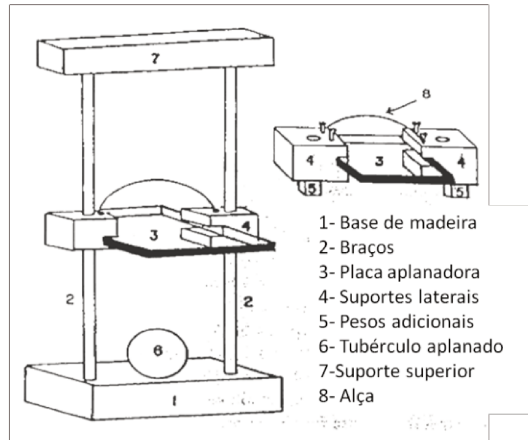


Figura 6: Aplanador Horizontal para estimativa de firmeza (Fonte: CALBO e NERY, 1995).

Estimou-se a firmeza (F_z) dividindo-se o peso da placa aplanadora (Força, em N) pela área aplanada (deformada) na superfície superior do tubérculo em m^2 (Equação 10).

$$F_z = \frac{11,40}{Área} \quad [kPa] \quad \text{Equação 10}$$

Deve-se salientar que este método traz apenas uma aproximação da firmeza, já que a equação considera uma linearidade, não considerando, por exemplo, o raio de curvatura do tubérculo, além das características viscoelásticas do produto (Mohsenin, 1986).

A área aplanada é obtida através do método geométrico, medindo-se o comprimento (diâmetro maior) e a largura (diâmetro menor) do elipsóide de contato no tubérculo e calcula-se a área com fórmula da superfície de uma elipse (Equação 11).

$$Área = 7,84 \times 10^5 \text{ Comprimento} \times \text{Largura} \quad [m^2] \quad \text{Equação 11}$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Primeira etapa: Avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento

Os dados obtidos na primeira etapa do trabalho, para avaliação de desempenho da etapa de limpeza em unidades de beneficiamento, tabelados e apresentados na (Tabela 4).

As lavadoras avaliadas, localizadas na região de Vargem Grande do Sul-SP assistidas pela ABVGS, recebem tubérculos de cidades produtoras da região e de suas proximidades. Deste modo a característica da sujidade agregada aos tubérculos é variável de acordo com o solo de origem dos tubérculos, apresentando maior ou menor grau de dificuldade no processo de lavagem, ou seja, a princípio, quanto mais argiloso o solo de origem, maior a dificuldade de remoção da sujidade.

Tabela 4: Parâmetros avaliados em unidades de beneficiamento na região de Vargem Grande do Sul-SP.

<i>Parâmetros Avaliados</i>	A	B	C	D	E
Origem dos tubérculos	Mogi Guaçu	Casa Branca-SP	Casa Branca	Casa Branca	Vargem Grande do Sul
Produção média (ton.h⁻¹)	20	27,8	31,3	33,3	22,2
Comprimento da etapa de lavagem (m)	11,1	11,5	9,23	8,66	8,25
Largura da lavagem (m)	1,35	1,35	1,45	1,45	1,45
Velocidade média de deslocamento do tubérculo (m.s⁻¹)	0,133	0,146	0,095	0,138	0,088
Rotação média dos roletes (rpm)	166	170/180	180	170	150
Tipos de cerdas	Nylon e Fibra de coco	Nylon, PVC e Fibra de coco	Nylon e Fibra de coco	Nylon e Fibra de coco	Nylon e Fibra de coco
Vazão média da linha (m³.h⁻¹)	27,3	45,4	36,6	29,1	36,6
Área molhada (m²)	15,0	15,5	13,4	12,6	12,0
Volume de água por ton de batata(m³.ton⁻¹)	1,36	1,63	1,17	0,87	1,65
Vazão por m² de área molhada (m³.h⁻¹ .m⁻².)	1,82	2,93	2,73	2,32	3,06
Origem da água	Reservatório	Reservatório	Reservatório	Nascente	Poço
Destino do efluente	Decantação/ Sistema	Decantação/ Sistema	Poço Morto	Decantação/ Sistema	Decantação/ Rio

As lavadoras avaliadas lavaram entre 20 (A) e 33 (D) toneladas de tubérculos lavados por hora. Sendo que a velocidade média dos tubérculos sob o equipamento variou entre 0,088 (E) e 0,146 (B) metros por segundo (Tabela 4).

A velocidade dos tubérculos na linha tem grande interferência na eficiência de limpeza dos tubérculos. Em fluxos lentos a eficiência de limpeza pode ser prejudicada com relação aos fluxos mais elevados, dentro de um limite o qual respeite o contato escova - tubérculo. Por exemplo, em fluxos mais elevados, os tubérculos são impulsionados para frente devido à força dos tubérculos que entram na linha de beneficiamento, promovendo deste modo, maior movimentação do tubérculo (Figura 7), permitindo, desta forma com que o tubérculo mude de posição, e as escovas alcancem maior área de cada tubérculo. Por sua vez, nos fluxos mais baixos, os tubérculos permanecem em uma posição de “repouso” sobre as escovas, girando em torno do seu eixo principal (Figura 8). Assim, as extremidades deixam de entrar em contato com as escovas, prejudicando desta forma o processo de limpeza (Figura 9).

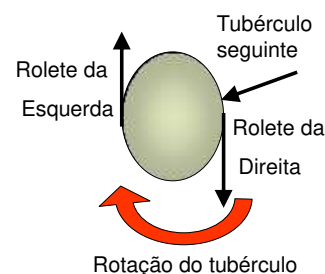
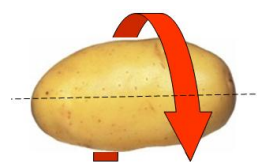
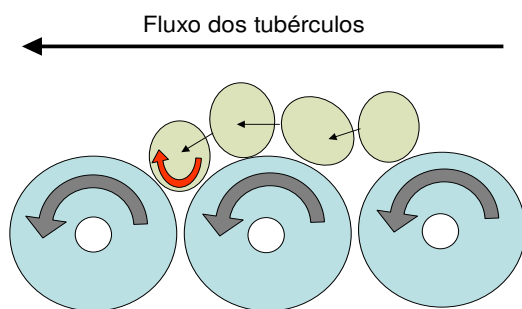


Figura 7: Movimento dos tubérculos sobre as escovas.

Figura 8: Movimento de rotação do tubérculo.



Figura 9: Exemplo de tubérculo lavado na posição de “repouso”.

A rotação das escovas está relacionada à velocidade de escovação (quanto maior a rotação, maior a velocidade periférica da superfície das escovas), assim, quanto maior a rotação, maior a velocidade relativa entre a escova e o tubérculo, independe da velocidade do produto na linha ou do comprimento da linha. As escovas promovem uma fricção nos tubérculos de acordo com sua velocidade angular. Quanto maior a velocidade angular maior a velocidade de fricção e conseqüentemente, maior a possibilidade da ocorrência de danos no produto, principalmente devido aos saltos do produto sobre as escovas. A velocidade média de rotação dos roletes das lavadoras variou entre 150 (E) e 180 (B e C) rotações por minuto (rpm). Ferreira & Netto (2007) observaram escovas com rotações de 112 à 196 rpm em uma análise das etapas de lavagem de cinco unidades de beneficiamento de batata. Desta forma as unidades de beneficiamento avaliadas neste trabalho apresentaram valores de rotação de intensidade média à alta, porém, dentro de uma faixa esperada.

Em todas as linhas de beneficiamento observou-se no início da linha a existência de roletes de PVC ou metal, cujos objetivos são a retirada de ramas, solo, torrões e outras impurezas que chegam às lavadoras. Nas unidades de beneficiamento avaliadas, verificou-se maior incidência de escovas com cerdas de fibra de coco, algumas vezes estas escovas eram associadas com escovas com cerdas de nylon, conforme observado também por Ferreira e Netto (2007).

Com relação à vazão média das lavadoras, observou-se grande variação. A vazão média mínima observada foi de $27,3 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ (A), enquanto a vazão média máxima atingiu $45,4 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ (B) (Tabela 4). O consumo de água nas linhas de beneficiamento varia de 0,87 (D) à 1,65 (E) metros cúbicos por toneladas de batata (ou litros de água por quilograma de batata). Ferreira e Netto (2007) observou para as etapa de lavagem em unidades que utilizam o sistema de bico aspersor, o consumo de 0,7à 1,7 litros de água por quilograma de batata. Um dos motivos para esta variação pode ter ocorrido devido à característica dos diferentes solos agregado aos tubérculos encontrados em cada lavadora, embora a maioria delas tenha alegado que não alteram a configuração dos equipamentos (rotação ou vazão) quando a característica do solo é do mais ou menos aderente, senão o aumento ou diminuição do fluxo dos tubérculos, dependendo da facilidade com que o solo se desprende do tubérculo durante a lavagem.

A falta de padronização foi observada com relação aos tipos de bocais e à vazão de água no sistema de aspersão, apresentando deste modo uma variabilidade de consumo de

água/quantidade de produto lavado, e sugerindo a otimização do processo. A variabilidade das vazões nos bocais de um mesmo sistema de aspersão devido à falta de manutenção no equipamento também foi notada, o que acarreta em entupimentos e desgastes nos bocais de aspersão.

A água de abastecimento das unidades provém na maioria das vezes de reservatórios, sendo também possível o abastecimento por águas de nascentes ou poços artesianos. A qualidade da água de abastecimento interfere na qualidade da aspersão, já que água de má qualidade pode provocar entupimento no orifício dos bocais. Em alguns casos, após o tanque de decantação a água retorna ao sistema de limpeza, porém o controle da qualidade da água praticamente não existe, o que pode facilitar a inoculação de bactérias. O sistema de decantação é o único sistema de tratamento físico do efluente encontrado nas lavadoras.

A lavagem do produto ocorre basicamente em três fases, existindo o fluxo dos tubérculos e o contra-fluxo da água de lavagem (Figura 10).



Figura 10: Fluxograma da reutilização de água no sistema de lavagem.

A seguir são descritas as três fases da etapa de lavagem:

Primeira fase – Molhamento em tanque: um operário promove o molhamento dos tubérculos com uma mangueira de grande vazão (Figura 10). A água utilizada nesta fase apresenta alto valor de turbidez, por ser proveniente da reutilização do efluente.

Segunda fase – Aspersão I: são utilizados aspersores com orifícios de até 5mm, para que não ocorra entupimento (Figura 10), já que a água utilizada apresenta além de alto valor de turbidez, alguns sólidos como pele de tubérculo. Isto porque ocorre neste momento a recirculação da água proveniente da terceira fase do sistema.

Terceira fase - Aspersão II: considerada a fase final do sistema de lavagem, são utilizados aspersores, em geral com menor diâmetro de orifício, e conseqüentemente, menor vazão (Figura 10). A qualidade da água nesta fase é a melhor possível, geralmente proveniente de reservatório, poço, ou nascente. Após esta fase, a água residual possivelmente retorna ao sistema na segunda fase.

Embora esta seja a última fase do sistema, a água utilizada não costuma sofrer tratamento, antes de retornar ao sistema, porém, em alguns casos existe a aplicação de Oxicloreto de cálcio (“*Frexus CH*”), que além das funções de bactericida e fungicida, pode ajudar a manter a qualidade da água no que diz respeito ao odor. O efluente desta fase, portanto, apresenta turbidez e sólidos, o que acarreta em problemas como o entupimento e o desgaste do sistema de aspersão. Portanto é necessária a manutenção periódica do sistema, fazendo-se a limpeza ou troca dos bicos.

5.1.1 Eficiência de limpeza em unidades de beneficiamento

i. Turbidez

O índice de limpeza obtido pelo método da turbidez calculado por meio da Equação 1, variou de 96,71(B) à 99,56% (E) (Figura 11). Por meio dos resultados analisados pelo teste de média de Tukey (5%), observou-se que entre as lavadoras C (99,08%), D (98,99%) e E (99,56%) não houve diferença significativa para o índice de turbidez médio calculado. Por sua vez, as lavadoras A (98,32%) e B (96,71%) apresentaram diferença estatística entre si além de também se diferenciarem das lavadoras C (99,08%), D (98,99%) e E (99,56%), sendo que o índice de limpeza para lavadora B (96,71%) foi o menos satisfatório, seguido da lavadora A (98,32%). Considerou-se, portanto que as lavadoras C (99,08%), D (98,99%) e E (99,56%) obtiveram o melhor índice de limpeza médio para turbidez. Deve-se ainda salientar que os tubérculos lavados em diferentes lavadoras, tiveram diferentes origens de solo, o que pode ter causado as diferenças.

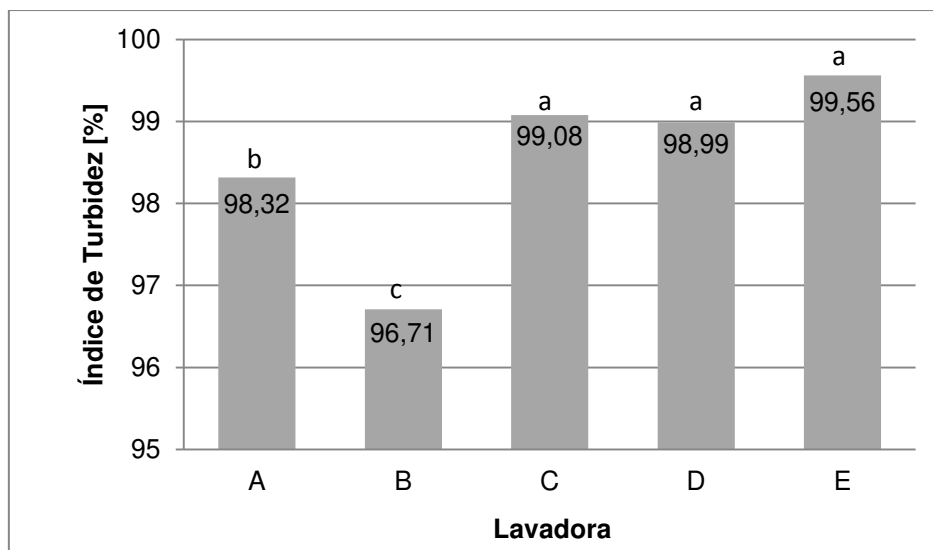


Figura 11: Índice de Turbidez (%) obtido por meio da análise no turbidímetro para tubérculos submetidos à lavagem pelas lavadoras A, B, C, D e E. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência medida por meio do método de turbidez, teste Tukey $p < 0,05$; $n = 15$.

ii. Sólidos totais

Os índices de limpeza das lavadoras obtido pelo método dos sólidos totais calculado por meio da Equação 3 variou de 79,71% (Lavadora A) à 86,77% (Lavadora B) porém, através da análise dos resultados pelo teste de média de Tukey (5%), observou-se igualdade estatística entre os resultados da lavadoras A (79,71%), B (86,77%), C (82,46%), D (82,23%) e E (81,47%) (Figura 12). Portanto não houve diferença significativa entre os índices de sólidos totais médio das lavadoras.

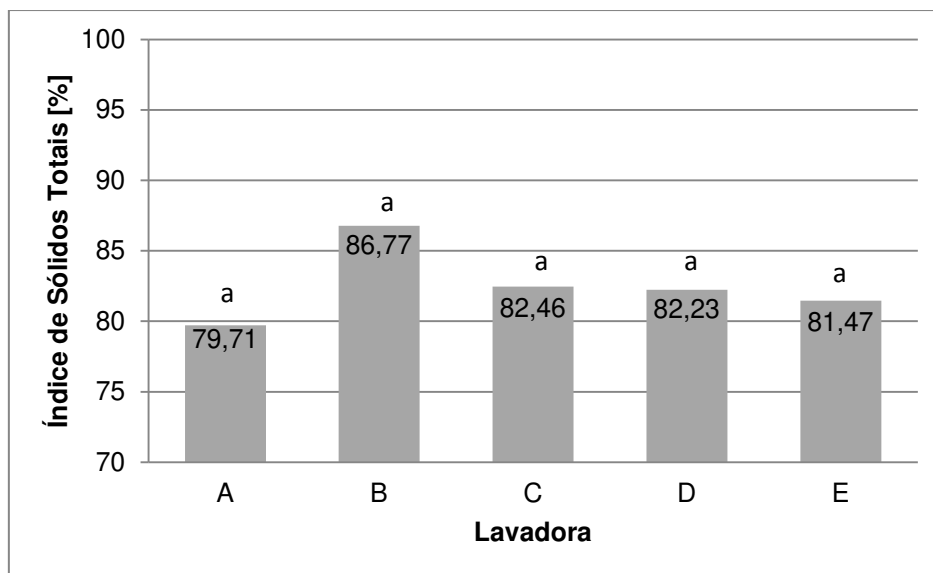


Figura 12: Índice de Sólidos Totais (%) obtido por meio da análise de sólidos totais agregados à superfície de tubérculos submetidos à lavagem pelas lavadoras A, B, C, D e E. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência medida por meio do método dos sólidos totais, teste Tukey $p < 0,05$; $n=15$.

iii. Sólidos suspensos

Os índices de limpeza das lavadoras, obtido pelo método dos sólidos suspensos foram obtidos para todas as lavadoras avaliadas, com exceção da lavadora A, já que esta metodologia foi definida com o experimento em andamento. O índice de limpeza para sólidos suspensos foi calculado por meio da Equação 5.

Através da análise dos resultados pelo teste de média de Tukey (5%), observou-se que apenas a lavadora B (95,48%) apresentou resultado estatisticamente inferior às demais lavadoras (C, D e E) (Figura 13). Considerando-se, portanto, as lavadoras C (99,26%), D (99,13%) e E (99,70%) mais eficientes do que a lavadora B (95,48%) com relação aos sólidos em suspensão da água residual de lavagem.

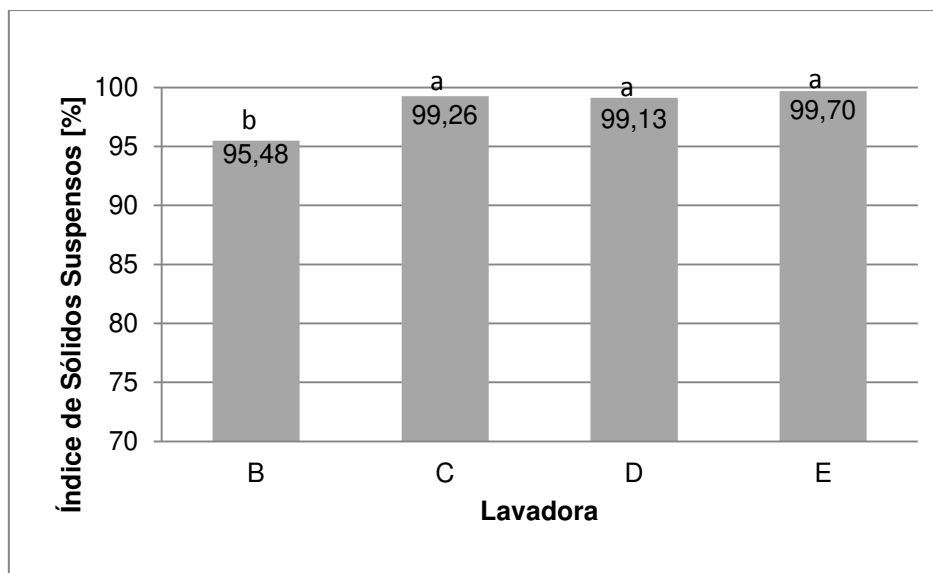


Figura 13: Índice de Sólidos Suspensos (%) obtido por meio da análise de sólidos suspensos agregados à superfície de tubérculos submetidos à lavagem pelas lavadoras B, C, D e E. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência medida por meio do método dos sólidos suspensos, teste Tukey $p < 0,05$; $n = 15$.

Os resultados da análise do índice de sólidos suspensos foram similares aos resultados da análise do índice de turbidez, sendo que em ambos os casos, a lavadora B apresentou índice de limpeza inferior às lavadoras C, D e E.

De acordo com os resultados da avaliação de desempenho das lavadoras (Tabela 4), embora a unidade de beneficiamento B tenha consumido maior volume de água na etapa de lavagem ($12,61 \text{ L.s}^{-1}$), utilizando 1630 litros de água por tonelada de batata, e tenha apresentado maior comprimento de lavagem (11,5m), em comparação com as demais lavadoras, não apresentou melhores índices de limpeza. Por outro lado, a lavadora D consumiu menor volume de água por tonelada de batata (870 L.ton^{-1}) e foi uma das lavadoras com melhores índices de limpeza, com rotação das escovas em 170 rpm e menor comprimento de lavagem (8,66m). Além da característica do solo, que é um dos fatores de interferência da lavagem por apresentar diferentes teores de argila, observa-se ainda que a velocidade média dos tubérculos na lavadora B ($0,146 \text{ m.s}^{-1}$) foi maior do que as demais lavadoras ($0,088$ à $0,138 \text{ m.s}^{-1}$), o que pode ter dificultado o atrito entre tubérculos e escovas, dificultando assim a remoção das sujidades.

O índice de turbidez apresentou melhores resultados para a avaliação da limpeza por sua maior discriminação, já que foi possível verificar mais níveis do índice de limpeza,

identificados pelos grupos homogêneos, sugerindo maior sensibilidade aos resultados. O método da turbidez foi considerado um método mais prático e rápido em comparação aos índices de sólidos totais e suspensos.

Deve-se salientar ainda que em cada unidade de beneficiamento foi beneficiado um lote diferente de tubérculos, oriundos de áreas distintas, havendo assim, interferência dos solos de origem nos resultados de cada lavadora.

5.2 Segunda Etapa – Ensaio em laboratório para alterações no sistema de limpeza

5.2.1 Eficiência de limpeza em protótipo

i. Origem dos solos

Visualmente os tubérculos retirados do Solo 2 (Figura 15) apresentavam maior quantidade de solo agregado, caracterizando assim um solo com maior teor de argila, comparado com os tubérculos retirados do Solo 1 (Figura 14).



Figura 14: Tubérculos retirados do Solo 1 (Monte Mor-SP).



Figura 15: Tubérculos retirados do Solo 2 (Itapetininga-SP).

Pelos resultados granulométricos analisados (Tabela 5) observa-se que o Solo 1 apresenta um maior teor em areia médio (AT), 2,5 vezes superior àquele encontrado no Solo 2. Com relação ao teor de argila médio, o Solo 2 apresentou valor médio de 1,4 vezes superior ao Solo 1. Com relação ao silte, os valores médios foram semelhantes.

Tabela 5: Dados granulométricos da amostra do Solo 1 e Solo 2 (0-40cm) retirados da área de colheita dos tubérculos.

Amostra	Solo 1					Solo 2				
	AREIA		ARGILA	SILTE <i>por dif</i>		AREIA		ARGILA	SILTE <i>por dif</i>	
	AG (Grossa)	AF (Fina)				AG (Grossa)	AF (Fina)			
			AT (Total)					AT (Total)		
g/kg										
0-10cm	136	250	386	498	116	41	99	140	742	118
10-20cm	122	248	370	512	118	64	83	147	741	112
20-30cm	99	242	341	552	107	50	99	149	751	100
30-40cm	135	232	367	563	70	56	86	142	771	87
Média	123	243	366	531,25	102,75	52,75	91,75	144,5	751,25	104,25

Areia grossa (AG): fração da TFSA entre 2,0 mm e 0,25mm (obtida por tamisação)

Areia fina (AF): fração da TFSA entre 0,25mm e 0,053mm (obtida por tamisação)

Areia Total (AT): Areia Grossa (AG) + Areia Fina (AF)

Argila: fração da TFSA < 0,002mm (obtida por pipetagem)

Silte: fração da TFSA entre 0,053mm e 0,002mm (obtida por diferença)

Referência do método: Camargo *et al.*, 1986 e EMBRAPA, 1997.

Com relação às propriedades dos solos, pode-se afirmar que quanto mais fina a textura do solo, ou seja, quanto mais argiloso, maior a capacidade deste solo em reter água, e ao mesmo tempo, maior dificuldade de circulação de água pelo solo, e maior coesão entre as partículas do solo.

O termo consistência refere-se primariamente ao grau de resistência e plasticidade do solo que dependem das ligações internas entre as partículas do solo, e é definida pela resposta do solo às forças externas que tentam deformá-lo ou rompê-lo. No caso da lavagem de tubérculos existe a intenção de desprender o solo aderido aos tubérculos. Para solos molhados, quanto maior o teor de umidade, maior a adesão entre solo e tubérculo.

Tanto o Solo 1 quanto o Solo 2 apresentaram consistência medianamente plástica (Tabela 6). O *Índice de Plasticidade* (IP) fisicamente representa a quantidade de água que necessária a acrescentar a um solo, para que ele passasse do estado plástico ao líquido e é definido pela diferença entre o limite de plasticidade e o Limite de Liquidez. (SOARES *et al.*, 2006).

O *Limite de Plasticidade* implica no limite de umidade no qual o solo passa do estado sólido para um estado moldável ou plástico (semi-sólido) (SOARES *et al.*, 2006).

O *Limite de Liquidez* de um solo é o teor de umidade que separa o estado de consistência líquido do plástico e para o qual o solo apresenta uma pequena resistência ao cisalhamento (SOARES *et al.*, 2006).

Segundo Soares *et al.*(2006), a partir do *Índice de Plasticidade* pode-se classificar o solo como:

- Fracamente Plásticos $1 < IP \leq 7$;
- Medianamente Plásticos $7 < IP \leq 15$;
- Altamente Plásticos $IP > 15$.

Tabela 6: Análise de consistência referente aos Solos 1 e Solo 2.

Profundidade	Limite de Liquidez	Limite de Plasticidade	Índice de Plasticidade	Classificação
Solo 1				
0-10cm	28,44	21,35	7,09	Medianamente Plástico
10-20cm	28,21	20,9	7,32	Medianamente Plástico
20-30cm	31,83	22,68	9,15	Medianamente Plástico
30-40cm	32,56	22,37	10,19	Medianamente Plástico
Solo 2				
0-10cm	39,11	31,67	7,44	Medianamente Plástico
10-20cm	40,62	32,51	8,12	Medianamente Plástico
20-30cm	42,42	32,53	9,9	Medianamente Plástico
30-40cm	45,59	35,2	10,39	Medianamente Plástico

Os dois solos foram então classificados como medianamente plástico, porém os Limites de Liquidez para o Solo 1 são menores, ou seja, é necessário menor quantidade de água para que o solo passe para o estado líquido. Ou seja, no caso da lavagem de batata, seria necessária menor quantidade de água para a remoção do solo agregado ao tubérculo colhidos em Solo 1 do que para tubérculos colhidos em Solo 2.

De acordo com a metodologia descrita no item 4.1.1, foram avaliadas as eficiências de limpeza pelo método da turbidez, sólidos totais e sólidos suspensos para os solos em questão.

ii. *Índice de Limpeza no turbidímetro (IL_T)*

A eficiência de limpeza foi calculada pelo índice de limpeza no turbidímetro (IL_T) (Equação 1), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 7.

O IL_T variou de 62,62 (Tratamento L) à 96,36 (Tratamento H). Comparando esta faixa de valor com os resultados obtidos para as lavadoras, cuja faixa variou de 96,71% (Lavadora B) à 99,56% (Lavadora E - Figura 11), verifica-se que enquanto a variação dos resultados dos tubérculos lavados em campo foi de 2,85%, por sua vez, em laboratório a variação foi de 33,74%. Isto ocorreu principalmente pelas configurações de trabalho do equipamento (associação da rotação, com a vazão), além da característica dos solos e da diferença de comprimento dos equipamentos em questão, já que o comprimento das lavadoras é superior ao comprimento do protótipo de lavagem. Esta mesma situação também foi observada para o IL_{ST} e IL_{SS} .

Tabela 7: Índices de limpeza (%) obtido por meio da análise de turbidez, sólidos totais e sólidos suspensos, para tubérculos submetidos à lavagem pelos tratamentos A, B, ... R. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência na mesma coluna, teste Tukey $p < 0,05$.

TRATAMENTO	IL _T	*Grupo Homogêneo	IL _{ST}	*Grupo Homogêneo	IL _{SS}	*Grupo Homogêneo
A	93,75	ab	93,84	abc	98,14	a
B	93,93	ab	97,23	ab	98,1	a
C	92,05	ab	97,3	ab	97,92	a
D	93,06	ab	96,05	ab	97,84	ab
E	95,29	a	97,43	ab	98,47	a
F	94,2	ab	96,67	ab	98,63	a
G	95,01	ab	94,41	abc	98,21	a
H	96,36	a	96,6	ab	98,75	a
I	95,62	a	97,21	ab	97,67	abc
J	91,08	ab	98,66	a	98,47	a
K	90,44	ab	97,92	a	96,99	abc
L	62,63	c	87,05	c	89,56	d
M	83,28	b	96,29	ab	94,32	abc
N	84	ab	90,54	bc	93,44	bcd
O	86,24	ab	94,75	ab	93,23	dc
P	85,99	ab	98,18	a	97,79	ab
Q	87,11	ab	97,55	a	97,52	abc
R	87,04	ab	96,16	ab	95,4	abc

Por meio dos resultados analisados pelo teste de média de Tukey (5%), observou-se entre os tratamentos três grupos homogêneos, desta forma, não apresentando diferença estatística entre os componentes de um mesmo grupo.

O primeiro grupo composto por apenas um tratamento, que consiste no tratamento L (62,63%), apresentou menor eficiência de limpeza. O tratamento L consistia em tubérculos provenientes do Solo 2, considerado o solo com maior teor de argila, lavados com a vazão mínima ($0,48 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) e rotação máxima (180 RPM).

O segundo grupo homogêneo é composto por todos os tratamentos com exceção dos tratamentos E, H e L, onde o IL_T variou de 83,28% (M) à 95,01% (G).

O terceiro grupo é composto por todos os tratamentos com exceção dos tratamentos L e M, onde o IL_T variou de 84,00% (N) à 96,36% (H), sendo portanto o grupo com maior eficiência de limpeza. Os tratamentos M e L que não compõem este grupo, consistiu em

tubérculos provenientes do Solo 2, que possui características de maior adesão aos tubérculos pelo seu contudo de argila.

iii. Índice de Limpeza por sólidos totais (IL_{ST})

A eficiência de limpeza foi calculada pelo índice de limpeza pelo método dos sólidos totais (IL_{ST} , Equação 3), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 7.

O IL_{ST} variou de 87,05% (Tratamento L) à 98,66% (Tratamento J).

De acordo com os resultados das análises do IL_{ST} nas lavadoras (Figura 12), o maior índice de limpeza foi de 86,77% (Lavadora B) ficando, portanto IL_{ST} dos tubérculos analisados em laboratório acima dos IL_{ST} encontrados nas Unidades de beneficiamento avaliadas.

O IL_{ST} foi analisado pelo teste de média de Tukey (5%), observou-se entre os tratamentos três grupos homogêneos, não apresentando diferença estatística entre os componentes de um mesmo grupo.

O primeiro grupo homogêneo, composto pelos tratamentos A, G, L, e N, apresentou IL_{ST} variando entre 87,05% (L) à 94,41% (G), sendo o grupo homogêneo com menor eficiência de limpeza pelo método dos sólidos totais.

O segundo grupo homogêneo, composto pelos tratamentos A, B, C, D, E, F, G, H, I, M, N, O e R apresentou índice de limpeza variando entre 90,54% (N) à 97,43% (E), sendo o grupo com eficiência de limpeza intermediária medida pelo IL_{ST} .

O terceiro grupo homogêneo é composto por todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos N e L, que apresentaram IL_{ST} de 87,05% e 90,54%, respectivamente. Sendo este grupo considerado o grupo homogêneo com maior eficiência de limpeza pelo método do IL_{ST} variando de 93,4% (A) à 98,66% (J). Sendo que os tratamentos N e L, são tratamentos cujo solo (solo 2) apresentou maior teor de argila. Com relação à vazão dos aspersores e rotação das escovas, no tratamento L foi aplicada vazão mínima ($0,48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) e rotação máxima (180 RPM), enquanto no tratamento N aplicou-se vazão média ($0,66 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) e rotação média (135 RPM).

iv. *Índice de Limpeza por Sólidos Suspensos (IL_{SS})*

A eficiência de limpeza foi calculada pelo índice de limpeza pelo método dos sólidos suspensos (IL_{SS}) (Equação 5), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 7.

O IL_{SS} variou de 89,56% (Tratamento L) à 98,75% (Tratamento H). Comparando esta faixa de valor com os resultados obtidos para as lavadoras, cuja faixa variou de 95,48% (Lavadora B) à 99,70% (Lavadora E - Figura 13). Enquanto a variação dos resultados dos tubérculos lavados em campo variou em 4,22%, em Laboratório a variação foi de 9,19%.

O IL_{SS} foi analisado pelo teste de média de Tukey (5%), observou-se que entre os tratamentos obtiveram-se quatro grupos homogêneos, não apresentando diferença estatística entre os componentes de um mesmo grupo.

O primeiro grupo homogêneo composto pelos tratamentos L, N e O apresentaram menor IL_{SS} . Sendo que estes, são tratamentos cujo solo (solo 2) apresentou maior teor de argila. Com relação à vazão dos aspersores e rotação das escovas, no tratamento L foi aplicada vazão mínima ($0,48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) e rotação máxima (180 RPM), enquanto no tratamento N aplicou-se vazão média ($0,66 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) e rotação média (135 RPM), e no tratamento O, aplicou-se vazão mínima ($0,48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) e rotação média (135 RPM).

O segundo grupo homogêneo composto pelos tratamentos I, K, M, N, O, Q e R, apresentaram IL_{SS} variando de 93,23% (O) à 97,67% (I). O terceiro grupo homogêneo, muito semelhante ao segundo grupo, composto pelos tratamentos D, I, K, M, N, P, Q e R, apresentaram IL_{SS} variando de 93,44% (N) à 97,84% (D).

O quarto grupo homogêneo, composto por todos os tratamentos exceto os tratamentos que compõe o primeiro grupo (L, N e O), apresentaram IL_{SS} variando de 94,32% (M) à 98,75% (H) Sendo este o grupo com maior IL_{SS} , ou seja, maior eficiência de limpeza, com relação aos sólidos suspensos.

Os tratamentos I (solo 1, $0,48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$; 90rpm) e R (solo 2, $0,48 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$; 90rpm) apresentam as mesmas configurações diferenciando-se apenas quanto à característica do solo. Estes tratamentos apresentaram os maiores valores de eficiência, tanto com relação ao índice de turbidez, quanto com relação aos índices sólidos totais e sólidos suspensos, sendo utilizadas vazões e rotações mínimas. O que sugere menor consumo de água e menor consumo de energia no processo de lavagem dos tubérculos.

O tratamentos D (solo 1; $1,38 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$; 135rpm), não apresentaram diferença quanto aos índices de limpeza, quando comparado aos tratamentos I e R, porém, neste tratamento foram utilizadas vazões e rotações máximas. Pelos dados apresentados, considerando uma unidade beneficiadora em grande escala, lavando tubérculos provenientes de solos com características dos Solo1 e Solo 2, a regulagem do equipamento de limpeza para a rotação e vazão máxima, poderia acarretar em prejuízos. Após a lavagem dos tubérculos em protótipo foi possível verificar visualmente diferença entre a eficiência de limpeza entre os tratamentos (Figura 16).



Figura 16: Visualização dos tubérculos lavados em diferentes tratamentos e avaliados em laboratório.

Em uma visão geral, observou-se que os tratamentos provenientes do Solo 1 apresentaram melhor uniformidade na limpeza, em comparação com os tratamentos proveniente do Solo 2.

Para o tratamento L, foi visível a baixa eficiência do processo de lavagem.

Verificou-se também a falta de uniformidade da limpeza, por exemplo, nos Tratamentos P e N, que pode ter ocorrido por deformações na superfície de alguns tubérculos, ou ainda por uma posição não privilegiada no protótipo de lavagem.

5.2.2 Análises de qualidade em tubérculos submetidos à lavagem em laboratório.

i. Perda de massa

Com a análise realizada pela metodologia descrita anteriormente, pôde-se realizar o acompanhamento da perda de massa dos tubérculos lavados em protótipo (Figura 17, e Figura 18).

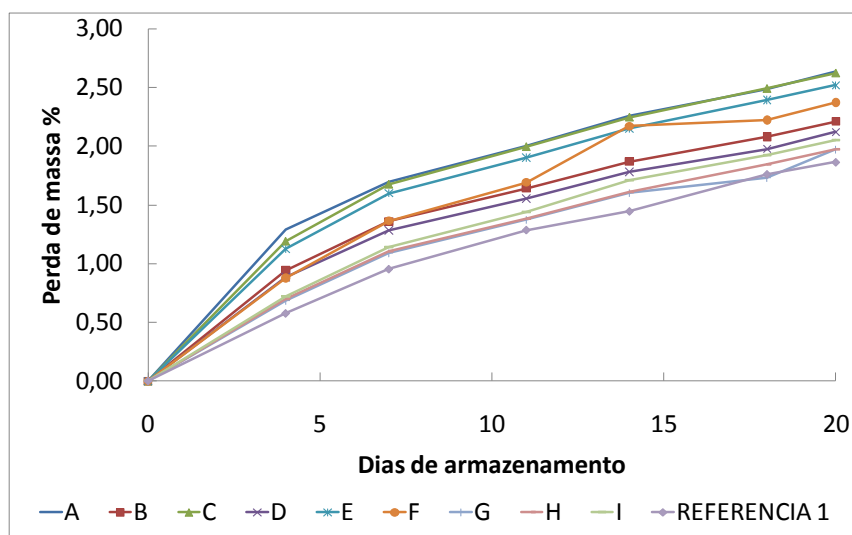


Figura 17: Perda de massa [%] dos tubérculos retirados do Solo 1 (Tratamentos Referência 1, A, B, C, D, E, F, G, H, e I), armazenado à 21°C (+/-1) e UR 85%.

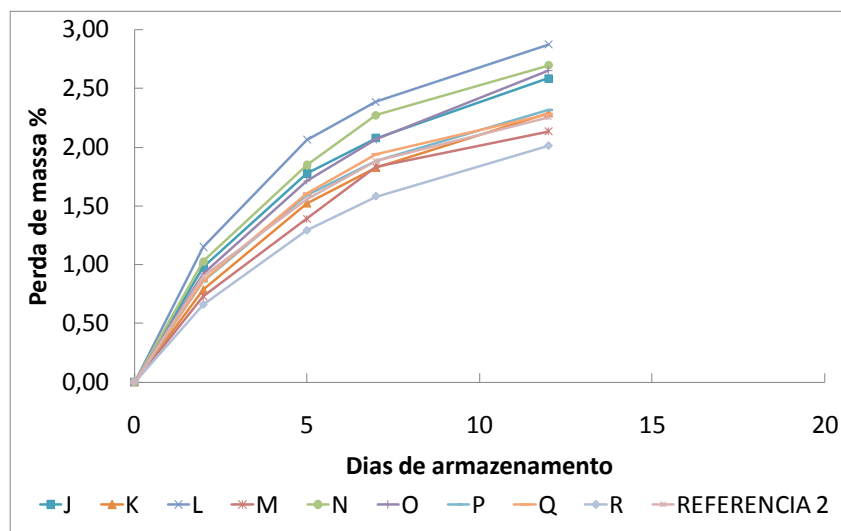


Figura 18: Perda de massa [%] dos tubérculos retirados do Solo 2 (Tratamentos Referência 2, J, K, L, M, N, O, P, Q e R), armazenado à 21°C (+/-1) e UR 85%.

No último dia de armazenamento (20) à temperatura média de 21°C e 85% de umidade relativa, observou-se que os tubérculos de referência do Solo 1, apresentaram menor perda de massa média, quando comparado com os demais tratamentos do mesmo solo, conforme esperado, tendo em vista a proteção que o solo exerce sobre o tubérculo com relação ao ambiente, minimizando o efeito de perda de massa por meio da transpiração. Embora o valor médio da perda de massa para o tratamento Referência 1 tenha sido o menor, ao analisar os dados estatisticamente, observou-se quatro grupos homogêneos ao nível de 5% de significância de acordo com a Tabela 8. O primeiro grupo formado pelos tratamentos B, D, F, G, H e Referência 1, apresentou menor perda de massa variando de 1,87% (Referência 1) à 2,37% (F). O segundo grupo homogêneo formado pelos tratamentos B, D, E, F, e I, apresentou perda de massa média variando entre 2,06 (I) à 2,52% (E). O terceiro grupo homogêneo formado pelos tratamentos A, B, C, D, E e F, apresentou variação de 2,12 (D) à 2,63% (A), sendo o quarto grupo homogêneo composto pelos tratamentos A, B, C, E, e F, variou de 2,21 (B) à 2,63% (A).

Com relação aos tratamentos do Solo 2, observou-se a formação de três grupos homogêneos ao nível de 5% de significância no último dia de armazenamento (12) (Tabela 9). O primeiro grupo, formado pelos tratamentos J, K, M, O, P, Q, R e Referência 2, apresentou menor perda de massa, variando de 2,01 (R) à 2,64% (O). Observando a presença do tratamento de Referência 2 no grupo homogêneo com menor porcentagem de perda de massa.

O segundo grupo homogêneo composto pelos tratamentos J, K, M, N, O, P, Q, e Referência 2, variou de 2,13 (M) à 2,70% (N). Já o terceiro grupo homogêneo formado pelos tratamentos J, K, L, N, O, P, Q e Referência 2 variou de 2,25 (Referência 2) à 2,87% (L). Por esta análise, observa-se que os tratamentos do Solo 2 não apresentaram diferença estatística com relação ao tratamento de Referência.

Tabela 8: Análise estatística da perda de massa no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 1.

Tratamento	% Perda de Massa média	*Grupos Homogêneos	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
A	2,63	d	0,63	0,24
B	2,21	abcd	0,66	0,30
C	2,62	cd	0,76	0,29
D	2,12	abc	0,53	0,25
E	2,52	bcd	0,84	0,33
F	2,37	abcd	0,62	0,26
G	1,98	a	0,54	0,28
H	1,97	a	0,51	0,26
I	2,06	ab	0,54	0,26
Referência 1	1,87	a	0,47	0,25

* Letras diferentes significam diferença estatística na mesma coluna.

Tabela 9: Análise estatística da perda de massa no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 2.

Tratamento	% Perda de Massa Média	*Grupos Homogêneos	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
J	2,59	abc	0,77	0,30
K	2,29	abc	0,73	0,32
L	2,87	c	0,94	0,33
M	2,14	ab	0,68	0,32
N	2,7	bc	1,17	0,43
O	2,65	abc	0,82	0,31
P	2,32	abc	0,80	0,35
Q	2,28	abc	0,71	0,31
R	2,01	a	0,50	0,25
Referência 2	2,25	abc	0,87	0,39

* Letras diferentes significam diferença estatística na mesma coluna.

Entre os experimentos ocorreu diferença no tempo de armazenamento, sendo maior para os tratamentos de Solo 1 do que para os tratamentos de Solo 2. Este fato ocorreu devido à necessidade do descarte dos tubérculos brotados nos tratamentos do Solo 2, já que brotos

maiores que 1mm são considerados defeitos graves, de acordo com as “Normas de Classificação da Batata (*Solanum tuberosum* L.) para o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros”.

ii. Coloração

Componente L*

Ao início do experimento, foi possível verificar a interferência da sujidade de cada tratamento no parâmetro *L (Tabela 10, Figura 19). Verificou-se uma diminuição significativa do valor do parâmetro *L ao longo do tempo, ao nível de 5% de significância, em todos os tratamentos, incluindo os tratamentos de referência, porém, com exceção do tratamento L, que apresentou diminuição não significativa.

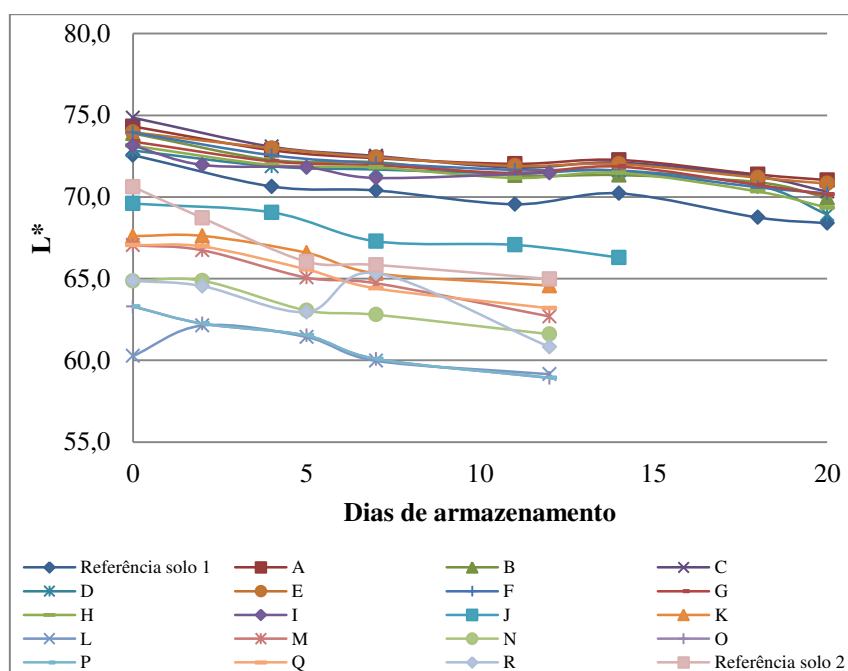


Figura 19: Evolução do parâmetro *L dos tubérculos armazenados à 21°C, UR 80% (Tratamentos: Referência 1, Referência 2, A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, K, L, M, N, O, P, Q, R).

Verificou-se ainda que para os tratamentos do Solo 2, houve maior variabilidade, ou seja maior número de grupos homogêneos na análise estatística pelo teste Tukey a 95% de confiança. Indicando que o Solo 2 sofreu maior interferência de acordo com o tratamento

aplicado (vazão x rotação), evidenciando a dificuldade na remoção do solo com maior teor de argila, já que quanto menor o valor do componente L, maior a quantidade de partículas de colocação escura.

Tabela 10: Tabela da análise estatística das médias do parâmetro L.

Amostra	Início	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	*Grupos homogêneos	Final	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	*Grupos homogêneos
A	74,31	1,2	0,017	Aa	71,03	1,2	0,016	Ab
B	73,89	1,4	0,019	Aa	69,95	2,0	0,028	ABCDb
C	74,85	1,5	0,021	Aa	70,32	2,4	0,034	ABCb
D	72,84	1,8	0,024	ABa	68,92	2,4	0,034	CDb
E	73,96	1,8	0,025	ABa	70,82	1,8	0,026	ABb
F	73,94	2,1	0,029	Aa	70,22	2,1	0,029	ABCb
G	73,39	1,4	0,019	Aa	70,14	2,0	0,029	ABCb
H	73,14	1,5	0,021	Aa	69,35	2,1	0,031	BCDb
I	72,85	1,5	0,021	ABa	69,91	1,5	0,022	ABCDb
Referência 1	72,56	1,8	0,025	ABa	68,4	2,0	0,030	Db
J	69,59	2,4	0,034	CDa	66,29	2,6	0,039	Ab
K	67,6	3,0	0,044	DEa	64,57	2,6	0,040	ABb
L	60,27	4,8	0,079	Ha	59,15	3,9	0,066	Da
M	67,05	3,6	0,054	EFa	62,69	4,2	0,067	BCb
N	64,86	3,2	0,049	FGa	61,6	3,4	0,055	CDb
O	63,3	3,2	0,051	Ga	58,93	3,1	0,052	Db
P	66,45	3,6	0,054	EFa	63,33	3,2	0,050	BCb
Q	67,05	3,1	0,046	EFa	63,19	3,0	0,048	BCb
R	64,87	4,0	0,061	FGa	60,82	3,7	0,060	CDb
Referência 2	70,62	2,7	0,038	BCa	64,98	3,7	0,057	ABb

* Letras diferentes minúsculas significam diferença estatística na mesma linha e letras diferentes maiúsculas significam diferença estatística na mesma coluna pelo teste Tukey a 95% de confiança.

Ângulo Hue

Um dos fatores considerados como perda pós-colheita da batata é o esverdeamento, causado principalmente pela incidência de luz nos tubérculos. O ato de remover o solo que envolve os tubérculos através da lavagem sugere maior facilidade de incidência de luminosidade nos tubérculos, o que induziria os tubérculos ao esverdeamento.

De acordo com a literatura, quanto mais próximo de 180° o ângulo *hue*, maior a tonalidade verde. Observou-se que os valores calculados para o ângulo *hue* permaneceram na faixa de 67 à 83° (Figura 20).

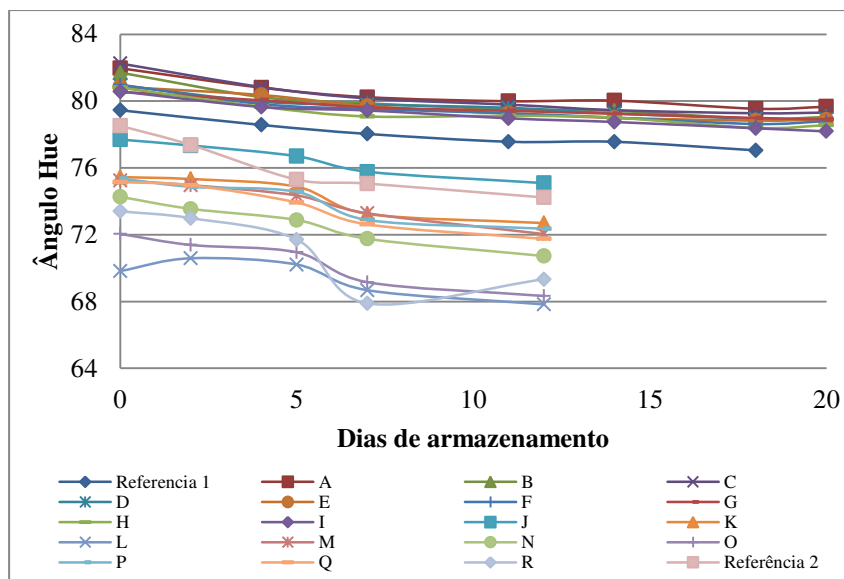


Figura 20: Evolução do ângulo Hue dos tubérculos armazenado a 21°C, UR 80% (Tratamentos: Referência 1, Referência 2, A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, K, L, M, N, O, P, Q, R,).

De acordo com os resultados (Tabela 11), os valores do ângulo *hue* diminuíram ao longo do tempo e, portanto não foi possível verificar a tendência ao esverdeamento. Já que a exposição à iluminação foi insuficiente para promover tal desordem fisiológica. Deve ser ressaltado que os tubérculos passaram a maior parte do tempo, armazenados em câmara fria, sem iluminação. Sendo expostos à luz apenas durante as análises.

Melo e Brune (2005) verificaram o aparecimento de tubérculos visivelmente esverdeados após 20 dias de exposição direta à luz, considerando genótipos mais resistentes ao esverdeamento. Para cultivar Ágata, foi verificado o esverdeamento no quinto dia de exposição direta à luz.

Tabela 11: Tabela da análise estatística das médias do Ângulo Hue.

Amostra	Ângulo Hue Inicial	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	*Grupos Homogêneos	Ângulo Hue Final	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	*Grupos Homogêneos
A	79,45	1,1	0,014	BCa	76,76	1,0	0,012	BCb
B	81,97	1,2	0,014	Aa	79,67	1,2	0,015	Ab
C	81,71	1,3	0,016	Aa	79,04	1,0	0,013	Ab
D	82,26	1,4	0,018	Aa	79,3	1,2	0,015	Ab
E	80,94	1,5	0,018	ABa	78,9	1,4	0,018	Ab
F	80,86	1,7	0,022	ABa	78,9	1,4	0,018	Ab
G	80,98	1,2	0,015	ABa	78,8	1,1	0,015	Ab
H	80,55	1,3	0,017	ABa	78,92	1,3	0,017	Ab
I	80,8	1,4	0,018	ABa	78,56	1,1	0,013	ABb
Referência 1	73,51	1,5	0,019	DEa	69,5	1,4	0,018	GHb
J	80,57	1,8	0,024	Aba	78,18	2,3	0,030	ABb
K	77,66	2,1	0,028	Ca	75,11	2,2	0,030	CDb
L	75,39	3,7	0,053	Da	72,55	3,0	0,045	EFb
M	69,87	3,5	0,046	Fa	67,87	3,7	0,052	Hb
N	75,12	1,8	0,024	Da	71,95	2,4	0,034	Fb
O	74,3	2,9	0,040	Da	70,8	2,7	0,040	FGb
P	71,96	2,8	0,037	Ea	68,35	2,6	0,037	Hb
Q	75,27	2,5	0,033	Da	72,15	2,6	0,036	Fb
R	75,24	3,3	0,045	Da	71,63	3,3	0,048	Fb
Referência 2	78,39	2,2	0,028	Ca	74,17	2,8	0,037	DEb

* Letras diferentes minúsculas significam diferença estatística na mesma linha e letras diferentes maiúsculas significam diferença estatística na mesma coluna pelo teste Tukey a 95% de confiança.

Croma

O componente chroma define a cromaticidade, ou seja, a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras (cinza) e ao redor de 60 para cores vívidas. Assim, maiores valores de chroma significaram maior intensidade da coloração amarela. Ele indica intensidade ou saturação de cor e é definido pela distância do ângulo *hue* do centro do diagrama tridimensional. Por exemplo, coloração pastel possui baixa saturação, enquanto uma cor pura possui alta saturação. E no caso dos tubérculos também houve a tendência do aumento, mostrando o aumento da saturação da coloração (Figura 21).

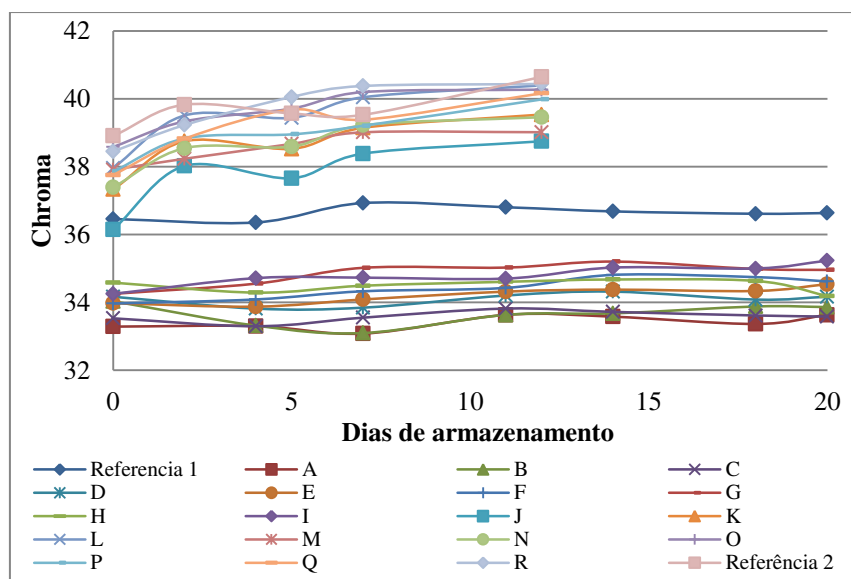


Figura 21: Variação em Chroma dos tubérculos armazenado a 21°C, UR 80% (Tratamentos: Referência 1, Referência 2, A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, K, L, M, N, O, P, Q, R).

Tabela 12: Tabela da análise estatística das médias do Croma.

Tratamento	Croma Inicial	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	*Grupos Homogêneos	Croma Final	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	*Grupos Homogêneos
A	33,28	1,7	0,052	Ea	33,63	1,6	0,049	Fa
B	34,04	2,5	0,073	Ea	33,86	2,2	0,066	EFa
C	33,53	2,1	0,064	Ea	33,58	1,4	0,043	Fa
D	34,17	2,0	0,058	Ea	34,17	1,6	0,046	EFa
E	33,98	2,0	0,058	Ea	34,54	1,6	0,046	EFa
F	33,96	2,0	0,059	Ea	34,62	1,7	0,048	EFa
G	34,26	1,9	0,055	Ea	34,96	1,6	0,046	EFa
H	34,58	1,8	0,052	Eba	34,18	1,6	0,046	EFa
I	34,25	1,7	0,049	Ea	35,22	1,6	0,046	DEb
Referência 1	36,46	2,0	0,056	Cda	36,63	1,6	0,044	Da
J	36,12	1,6	0,043	Dca	38,74	1,6	0,040	Cb
K	37,31	2,1	0,055	ABCa	39,48	1,5	0,039	ABCb
L	38,06	1,9	0,051	ABa	40,46	1,5	0,038	ABb
M	37,95	2,2	0,057	ABa	39,12	2,6	0,066	BCa
N	37,37	1,4	0,038	ABCa	39,4	1,2	0,030	ABCb
O	38,57	1,1	0,028	Aa	40,23	1,7	0,043	ABCb
P	37,9	1,2	0,032	ABa	40,07	1,2	0,030	ABCb
Q	37,73	1,7	0,046	ABCa	40,16	1,5	0,036	ABCb
R	38,41	1,3	0,035	Aa	40,45	1,2	0,031	ABb
Referência 2	38,98	2,2	0,055	Aa	40,7	1,6	0,038	Ab

* Letras diferentes minúsculas significam diferença estatística na mesma linha e letras diferentes maiúsculas significam diferença estatística na mesma coluna pelo teste Tukey a 95% de confiança.

Verificou-se que para o solo mais argiloso, Solo 2 obteve-se maior valor de croma observando a interferência do tipo de solo na coloração.

iii. Danos físicos

Foram atribuídas notas individuais aos tubérculos ao longo do armazenamento, de acordo com a metodologia descrita. Embora na seleção dos tubérculos tenham sido descartados aqueles que apresentavam dano aparente, verificou-se que para os tubérculos do Solo 1 ficaram visíveis maior quantidade de danos, possivelmente escondidos pelo solo agregado ao tubérculo antes do processo de lavagem. Já que foram trabalhadas as mesmas configurações para o Solo 2, que apresentaram menores quantidades de danos, conforme verificado na Tabela 13. Os danos de colheita aparentes apenas após a lavagem dos tubérculos, podem ser atribuídos ao momento da colheita, realizado em ambos os casos pelo implemento denominado “Esteirinha” ou “Arrancadeira de batata” (Figura 22) que pode ter provocado injurias aos tubérculos pela velocidade inadequada do implemento para a colheita.

Tabela 13: Evolução dos danos físicos após lavagem em protótipo ao longo do armazenamento.

Tratamento	Dias de armazenamento				Tratamento	Dias de armazenamento		
	0	7	14	20		0	7	12
Nível de danos					Nível de danos			
A	3,2	3,6	4,2	4,8	J	1,4	2,1	-
B	2,5	3,2	4,1	4,5	K	1,5	2,6	-
C	3,1	3,9	4,0	4,4	L	1,4	1,7	-
D	2,7	3,3	3,4	3,5	M	2,0	2,1	2,3
E	2,3	2,9	3,8	4,4	N	1,6	2,0	3,0
F	2,4	2,8	3,3	3,4	O	1,7	1,6	1,8
G	2,6	3,0	3,6	4,3	P	3,1	1,0	1,0
H	3,8	4,1	4,2	4,8	Q	2,3	2,6	3,0
I	3,0	3,2	3,8	3,9	R	1,4	1,0	1,0



Figura 22: Implemento de colheita de tubérculos.

De acordo com as **Normas de Classificação da Batata (*Solanum tuberosum* L.) para o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros**, o brotamento dos tubérculos é considerado defeito leve até um determinado limite de ocorrência, superando-se este limite o mesmo passa a ser considerado defeito grave. Brotos de no máximo 1 mm de comprimento é considerado defeito leve. Acima desse valor passa a ser considerado defeito grave. Este, porém foi um fator determinante para a finalização do experimento (Tabela 14).

Segundo Castro *et al.* (1982), o início e a velocidade de desenvolvimento da brotação dependem do cultivar, grau de maturação do tubérculo colhido, condições de armazenamento, injúrias mecânicas, doenças fúngicas ou bacterianas e danos causados por insetos. O fato dos tubérculos analisados serem obtidos de diferentes áreas, e diferentes períodos de plantio, influenciou significativamente na vida útil dos tubérculos.

O cultivares tardios são os preferidos em regiões de apenas um plantio anual, pelo fato de os tubérculos colhidos poderem ser conservados em melhores condições fisiológicas, durante um período mais prolongado (CASTRO *et al.* 1982), o que não ocorre no Estado de São Paulo, onde ocorrem três safras anuais.

Tabela 14: Tubérculos brotados ao longo do armazenamento.

Número de Tubérculos Brotados							
Tratamento	Dias de armazenamento			Tratamento	Dias de armazenamento		
	7	14	20		0	7	12
A	0	7	22	J	0	23	30
B	1	13	20	K	0	25	30
C	0	6	20	L	0	24	30
D	0	6	26	M	0	23	27
E	0	5	19	N	0	22	28
F	0	2	25	O	0	23	25
G	1	10	24	P	0	27	29
H	0	6	25	Q	0	25	26
I	0	4	22	R	0	27	29
Referência 1	0	3	16	Referência 2	0	23	25

Observou-se ainda que a incidência de tubérculos brotados foi menor para os tubérculos de referência (Referência 1 e Referência 2) os quais não foram lavados. Deixando claro que os tubérculos lavados apresentam menor vida útil quando comparado aos tubérculos não lavados.

iv. *Firmeza*

Ao primeiro dia da experimentação, foi realizado o ensaio de firmeza de acordo com a metodologia descrita. Os resultados mostraram por meio de análise estatística pelo método Tukey (95%) que não houve diferença entre os valores de firmeza média das amostras retiradas dos dois solos avaliados (Tabela 15).

Tabela 15: Índice de Firmeza média no primeiro dia da experimentação para os tubérculos dos tratamentos avaliados (n=15).

Tratamento	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Referência 1
Firmeza média [kPa]	252	273	263	271	257	263	261	276	280	315
Desvio Padrão	45	48	60	66	62	45	40	50	46	33
C.V. [%]	0,18	0,18	0,23	0,24	0,24	0,17	0,15	0,18	0,16	0,10
Tratamento	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	Referência 2
Firmeza média [kPa]	243	251	248	243	256	237	251	253	235	273
Desvio Padrão	33	72	37	44	45	46	41	38	54	58
C.V. [%]	0,14	0,29	0,15	0,18	0,18	0,19	0,16	0,15	0,24	0,21

A variação do índice de firmeza média ao longo do tempo foi decrescente para todos os tratamentos, conforme esperado. Desta forma, quanto maior a perda de massa, maior a perda de firmeza do produto (Figura 23 e Figura 24).

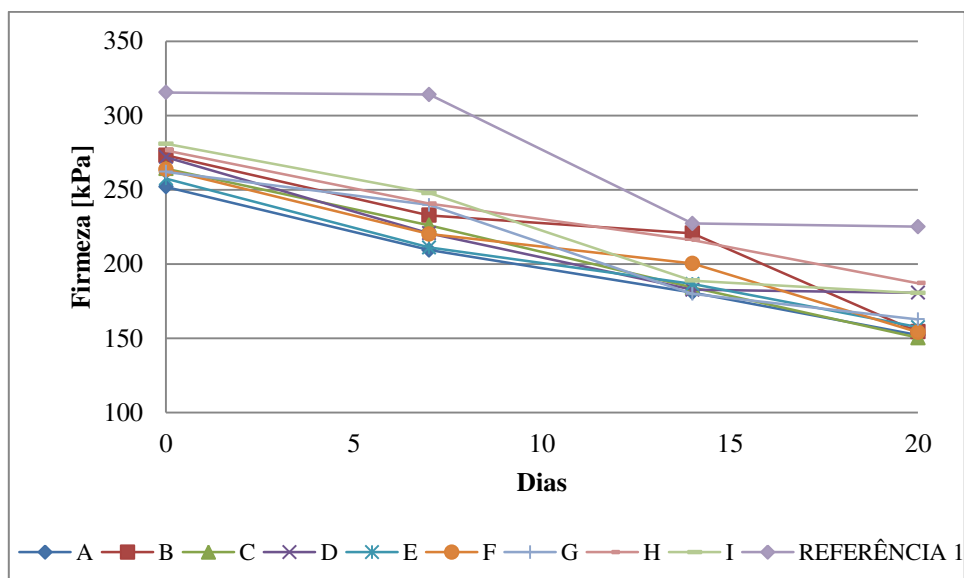


Figura 23: Variação do índice de firmeza [kPa] dos tubérculos retirados do Solo 1 (Tratamentos Referência 1, A, B, C, D, E, F, G, H, e I), armazenado à 21°C e UR 85%.

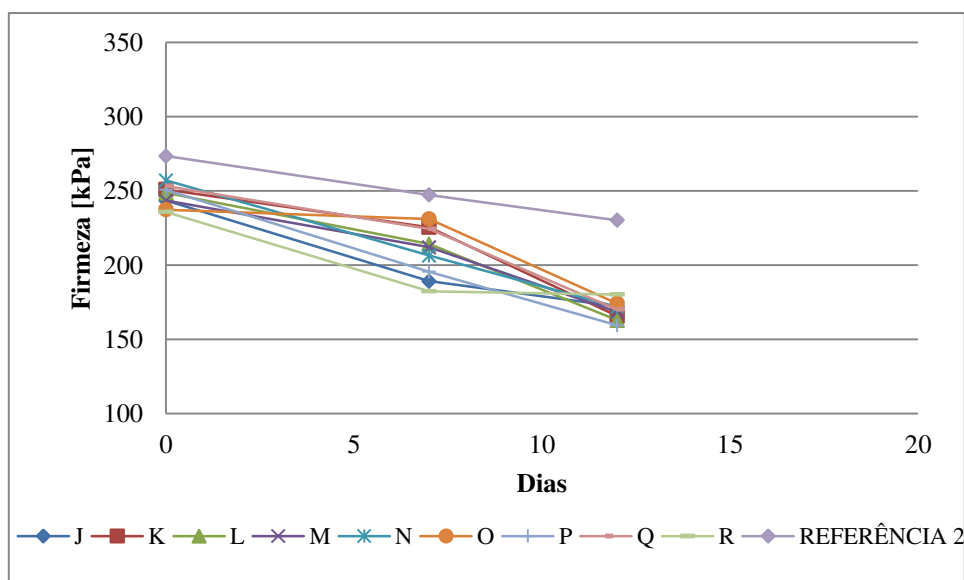


Figura 24: Variação do índice de firmeza [kPa] dos tubérculos retirados do Solo 2 (Tratamentos Referência 2, J, K, L, M, N, O, P, Q e R), armazenado à 21°C e UR 85%).

Para os tratamentos do Solo 1, ao último dia de armazenamento, a firmeza média variou de 150 (C) à 225 kPa (Referência 1). De acordo com a análise estatística (Tabela 16), foram formados dois grupos homogêneos ao nível de 5% de significância. O primeiro grupo formado por todos os tratamentos, exceto o tratamento de referência, variando de 150 à 187 kPa. O segundo grupo foi formado apenas pelo tratamento de referência (Referência 1) com o valor de 225 kPa.

Para os tratamentos do Solo 2 ao ultimo dia de armazenamento, a firmeza média variou de 159 (P) à 230 kPa (Referência 2). Pela análise do teste Tukey, formaram-se dois grupos homogêneos (Tabela 16).

Tabela 16: Análise estatística da firmeza média no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 1.

Tratamento	Firmeza [kPa]	*Grupos Homogêneos	Desvio Padrão	Coefficiente de variação
A	152	b	33	0,21
B	154	b	27	0,17
C	150	b	28	0,19
D	181	b	45	0,25
E	158	b	38	0,24
F	154	b	40	0,26
G	163	b	37	0,23
H	187	b	41	0,22
I	180	b	45	0,25
Referência 1	225	a	33	0,15

*Letras diferentes significam diferença estatística na mesma coluna.

Tabela 17: Análise estatística da firmeza média no último dia de armazenamento à 21° C e umidade relativa de 85% para os tubérculos retirados do Solo 2.

Tratamento	Firmeza [kPa]	*Grupos Homogêneos	Desvio Padrão	Coefficiente de variação
J	172	b	34	0,20
K	166	b	44	0,26
L	163	b	37	0,22
M	169	b	30	0,18
N	172	b	33	0,19
O	174	b	46	0,27
P	159	b	29	0,18
Q	170	b	38	0,22
R	180	ab	36	0,20
Referência 2	230	a	125	0,54

*Letras diferentes significam diferença estatística na mesma coluna.

O primeiro grupo formado por todos os tratamentos do solo 2, com exceção do tratamento de referência (Referência 2), variando de 159 (P) à 180 kPa (R). O segundo grupo homogêneo foi formado pelos tratamentos Referência 2 (230 kPa) e R (180 kPa), cuja firmeza média foi maior em relação ao primeiro grupo.

Desta forma, é possível afirmar que os tubérculos lavados, ao último dia de armazenamento, apresentaram maior perda de firmeza do que os tubérculos não lavados.

6. CONCLUSÕES

As unidades de beneficiamento de batatas consomem volume de água maior do que o necessário na lavagem dos tubérculos.

O protótipo de limpeza utilizado neste trabalho, com comprimento reduzido a 1,5m, promoveu eficiência de limpeza similar à eficiência de limpeza encontrada nas unidades de beneficiamento avaliadas (8,25 à 11,5m), portanto conclui-se que linhas extensas, de grandes comprimentos, como encontrado nas unidades são desnecessárias, sendo que existe o potencial de redução no consumo de água nas unidades de beneficiamento em pelo menos 50%, com ajustes no fluxo dos tubérculos e rotação das escovas.

Tubérculos lavados apresentaram menor vida de útil, comparado aos tubérculos não lavados, tanto pela perda de massa e firmeza, quanto pela incidência de brotamento. Com relação ao esverdeamento dos tubérculos, verificou-se que não houve evolução desta desordem tanto em tubérculos lavados como nos tubérculos de referência, quando armazenados em ambientes não iluminados.

O hábito de lavar batatas, além de ser um processo que diminui a capacidade de conservação dos tubérculos pode causar prejuízos ao meio ambiente tanto pelo consumo excessivo de água, quanto pelo despejo inadequado dos efluentes.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar estudos mais específicos quanto ao tipo de aspersores, utilizando baixa vazão e alta pressão na lavagem de tubérculos.
- Realizar estudos que envolvam a remoção de solo dos tubérculos na etapa do recebimento das unidades de beneficiamento.
- Estudar novos métodos de disposição do efluente de lavadoras de batata.
- Desenvolver modelo matemático descrevendo relações entre rotação, tempo de lavagem, característica das escovas, qualidade da limpeza e vida útil dos tubérculos.
- Otimização do processo de lavagem de tubérculos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTZ, J.A.; KELMAN, A. Bacterial soft rot potential in washed potato tubers in relation to temperatures of tubers and water during simulated commercial handling practices. **Journal American Journal Of Potato Research**, New York, v.61, n.8, p.485-493, ago. 1984.

BISOGNIN, D. A.; FREITAS, S. T.; BRACKMANN, A. ANDRIOLO, J. L.; PEREIRA, E. I. P.; MULLER, D. R.; BANDINELLI, M. G. Envelhecimento fisiológico de tubérculos de batata produzidos durante o outono e a primavera e armazenados em diferentes temperaturas. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.59-65, 2008.

BORGES , ALISSON. **Produção Integrada da Batata: Destino correto das águas residuárias da lavagem da batata**. Laboratório de Qualidade da Água DEA-CCA—UFV. Araxá, agosto de 2007.

BORGES, M. ; LUZ, J. M. Q. **O cultivo da Batata no Brasil: Aspectos gerais da cultura**. Associação Brasileira da Batata. 156p. 2008.

BRAUN, Heder. **Qualidade pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata influenciada por doses de nitrogênio**. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2007.

BRUNE, S.; MELO, P. E. Método rápido de avaliação do esverdeamento em tubérculos de batata. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 809-814, maio 2001.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Absorção e infiltração de água por raízes de batata-doce, através de ferimentos durante alavagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.547-551, 2000.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza de hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n.1, p.14-18, 1995.

CASTRO, Jairo Lopes de; MIRANDA FILHO, Hilário da Silva; JORGEII, Joassy de Paula Neves. Esverdeamento e brotação em cultivares alemães e holandeses de batata. **Bragantia**, Campinas, v. 41, n. 1, 1982. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051982000100022&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 03 Junho 2011.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

EXPIDO J; BUENO J; VAN CANNEYT T. 2005. Impact detection in potato handling lines with sensors based on triaxial accelerometers. **Acta Horticulturae**. 682: 1125-1131.

FAO Statistics Division, 2011. <<http://faostat.fao.org>>

FAO. **International Year of potato**. 2008. Disponível em: <<http://www.potato2008.org/en/index.html>>. Acesso em: 14 abr. 2011.

FERREIRA, M. D. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008, v. , 144p.

FERREIRA, Marcos David. Perdas na cadeia produtiva do tomate de mesa. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP: PERSPECTIVAS E PESQUISAS, **Anais...**Campinas-SP. 28 de maio de 2003. CD-Rom.

FERREIRA, Marcos David; HENRIQUE NETTO, Luiz. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 25, n. 2, jun. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362007000200030&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 03 set. 2010.

FINGER F.L.; FONTES P.C.R. **Manejo pós-colheita da batata**. Informe Agropecuário. Embrapa, Brasília. n 20, p105-111, 1999.

FNP CONSULTORIA & COMERCIO. AGRIANUAL 2005: **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: 560p. 2004.

FNP CONSULTORIA & COMERCIO. AGRIANUAL 2011: **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: 482p. 2010.

FONSECA, H.; MINAMI, K. **Tomate: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. Piracicaba: FEALQ, 1982. 92 p. (FEALQ. Série Extensão Agroindustrial, 8).

HAKANSON, L. ; PARPAROV, A.; HAMBRIGHT, K.D. 2000 - Modeling the impact of water level flocculations on water quality (Suspended particulate matter) in lake Kinneret, Israel. **Ecological Modeling**. N°128, 101-125. Disponível em:< [64](http://faculty-</p>
</div>
<div data-bbox=)

staff.ou.edu/H/Karl.D.Hambright-1/Hambright_Reprints/Hakanson%20etal%2700-EcolModel.pdf>

HENZ, G. P. Situação da batata beneficiada no Distrito Federal em 1990 e 1991. **Hortic. Bras**, Brasília v. 11, n.1. p 46-49, maio 1993.

HENZ, G.P.; BRUNE, S. **Redução de perdas pós-colheita em batata para consumo**. Circular Técnica 34. Embrapa, Brasília, 10p, dez. 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2004/ct_34.pdf >. Acesso em : 17 set.2011.

IBGE, 2011. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2 - Produção Confronto das Safras de 2010 e 2011 - Brasil - Abril 2011.disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201104_5.shtm> Acessado em: 31/05/2011.

IUAMOTO, M. Y. Comercialização de Batata na CEAGESP. **Batata Show**: a revista da batata, Itapetininga-SP, v.5 , n.13, 2005. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista13_021.htm>. Acesso em: 22 abr. 2008.

JEMISON JÚNIOR, J. M.; SEXTON P.; CAMIRE M.E. Factors influencing consumer preference of fresh potato varieties in Main. **American Journal of Potato Research**. Orono, v. 85, p. 140-149, 2008.

JOBLING, Jenny. Potatoes: Handle with care. **Good Fruit and Vegetables Magazine** 11(4): 34 - 35, Melbourne, Australia.September 2000.

KADER, A.A. **Postharvest Tecnology of Horticultural Crops**. California: University California, 1992. 296p. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/brag/v67n1/a07v67n1.pdf>>.

LOPARDO, Nicolás. **Estudo hidrodinâmico e correlação com sólidos suspensos e turbidez na lagoa Itapeva do litoral norte do Estado do Rio Grande do Sul**. 2002. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3982/000395607.pdf?sequence=1>>

LOPES, C. A. **Boas práticas de campo: um guia para produzir batatas sadias**. Comunicado Técnico. Embrapa, Brasília, 4p, dez. 2006. Disponível em:

<http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2006/cot_34.pdf>. Acesso em : 25 jan.2005.

MADAIL, J.C. M.; PEREIRA, A.S.; TREPTOW, R.O.; GARCIA, C.B.; BELARMINO, L.C.; RIZZOLO, R.G.; NEY, V.G. **Preferências do Consumidor de Batatas no Sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Comunicado Técnico Outubro, 2009. Pelotas, RS.

<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/comunicados/comunicado_212.pdf>

MAGALHÃES, A. M. **Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa**. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, SP.

MAGALHAES, Ana M.; FERREIRA, Marcos D.; MORETTI, Celso L.. Comparação entre dois métodos para avaliar a eficácia de limpeza durante o beneficiamento de tomates. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, 2009 . Disponível em

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000400020&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 31 maio 2011.

MAGALHÃES, Ana Maria; FERREIRA, Marcos David; SILVA, Michele Carvalho. Metodologia para avaliar eficiência de limpeza para frutas e hortaliças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35. 2006, João Pessoa-PB. **Anais...** . Jaboticabal-SP: SBEA, 2006. CD-ROM.

MATOS, A.T., **Tratamento de resíduos Agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2005.

MEDEIROS, M. A. C. QUÍMICA SANITÁRIA E LABORATÓRIO DE SANEAMENTO II. APOSTILA DE LABORATÓRIO. Limeira, 2006.

MELO, J. L. S.; MELO, H. N. S.; LUCAS FILHO, M.; LIMA, A. M.; SILVA, F. D. Estudo preliminar da remoção de sólidos e turbidez por disposição em solo utilizando efluente pré-tratado por sistemas anaeróbios. CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 27. ABES. 2000. disponível em:

<<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/i-103.pdf>>

MELO, P. E.; BRUNE, S. Avaliação de esverdeamento em pós-colheita de tubérculos de batata. Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 11. 12p Brasília 2005. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/779147/1/bpd11.pdf>>

MORAES, L. M.; NAGUMO, C. H.; FERREIRA, M. D.; SHIMOYAMA, N. Y.; SILVA, M. R. TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVADEIRAS DE BATATA: PANORAMA ATUAL E TECNOLOGIAS NECESSÁRIAS. in: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36. 2007, Bonito - MS. **Anais...** Jaboticabal-SP: SBEA, 2007. CD-ROM.

MOHSENIN, N.N. 1986. **Physical properties of plant and animal materials**: structure, physical, characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Science, New York. 664 p.

MORETTI, Celso Luiz; SARGENT, Steven Alonzo. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 57, n. 3, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162000000300002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 July 2008.

NARDIN, Israel. Descartes de Batata. Batata Show: **A revista da batata**, Itapetininga-SP, v.7, n. 19, dez. 2007. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista19_012.htm>. Acesso em: 22 abr. 2008.

NOURIAN, F.; RAMASWAMY, H.S.; KUSHALAPPA, A.C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. **Lebensmittel Wissenschaft und-Technologie**. v. 36, p. 49–65, 2003. Disponível em: < www.elsevier.com/locate/lwt> Acesso em: nov. 2008.

PAVLISTA, A. D. Green Potatoes: the Problem and the Solution. Disponível em: <<http://elkhorn.unl.edu/epublic/archive/g1437/build/>> Acesso em 01/06/2011.

PAZ Y MINO, M. A. B. Influência do processo de lavagem, da aplicação de vapor e do tempo de armazenagem na qualidade da batata (*Solanum tuberosum* L.), – Universidade Estadual de Campinas, Campinas- SP, 1992. cultivar “Bintje”, visando a elaboração de pré-fritas congeladas tipo francesa. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).

PEREIRA, A.S.; CAMPOS, A.. Teor de açúcar em genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, Mar. 1999. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781999000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: Maio 2010.

PEREIRA, A.S.; COSTA, D.M.; DANIELS, J.; VENDRUSCOLO, J.L.S.; FORTES, G.R.L.; BERTONCINI, O.; HIRANO, E.; CHOER, E.; AUGUSTIN, E.; GOMES, C.B. BRS ELIZA: cultivar de batata para mesa, com película lisa e resistência à doenças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p.258-259, Nov. 2001.

PINELI, Livia Lacerda Oliveira; MORETT, Celso Luiz. **Processamento de mini batatas**. Comunicado Técnico, Brasília, 16 p. 1-16. dez. 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2004/cot_24.pdf>. Acesso em: 24 maio 2008.

SAKAI, E.C. **Tratamentos e equipamentos para linhas de beneficiamento de frutas na pós-colheita**. In: SEMINÁRIO DE BENEFICIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2004, Campinas - SP.

SANCHES, J.; CIA, P.; ANTONIALI, S.; AZEVEDO FILHO, J.A.; ROSSI F. Comportamento pós-colheita de batatas armazenadas sob condições ambiente. **Horticultura Brasileira** v.27: n.2. agosto 2009. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_3/A2010_T3622_Comp.pdf>

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; TALBOT, M. T.; ZOELNER, J.J. Performance of perforated-belt sizers as affected by size standards for fresh market tomatoes. **Applied Engineering in Agriculture**, v.7, n.6, p.724-728, 1992.

SILVA, M C ; FERREIRA, M. D. ; TESTEZLAF, R ; MAGALHÃES, A M ; FRANCO, A T O . Optimizing cleaning efficiency at a fresh market tomato packing line. In: International Conference of Agricultural Engineering, 2008, Foz do Iguaçu. Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering. Jaboticabal, SP : SBEA, 2008. v. 1. p. 1-1.

SOARES, J.M.D.; PINHEIRO, R.J.B.; TAVARES, I. S. Notas de aula: Mecânica dos solos. Universidade Federal de Santa Maria . Santa Maria. Maio, 2006. Disponível em: <http://www.ufsm.br/engcivil/mecanica_dos_solos.htm> acessado em 02 jun. 2011.

University of Idaho. **Potatoes storage and quality maintenance in the pacific northwest.**
1985. Disponível em: < <http://www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/pnw257.pdf> > Acesso em
nov. 2008.

Sites consultados

ABBA – Associação Brasileira da Batata <<http://www.abbatatabrasileira.com.br/>>. Acesso em 10 mai. 2011.

CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
<<http://www.ceagesp.gov.br/>>. Acesso em 25 mar. 2011.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations <<http://www.fao.org/>>.
Acesso em: 17 set. 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. < <http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em 15 jan.2011.

IEA – Instituto de Economia Agrícola .<www.iea.sp.gov.br/>. Acesso em 25 mar. 2011.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
<<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia-
<<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/Si.pdf> >. Acesso em: 25 Jun. 2011.

Anexo 1

Índices de limpeza (%) obtido por meio da análise de turbidez, sólidos totais e sólidos suspensos, para tubérculos submetidos à lavagem pelos tratamentos A à R. Mesma letra minúscula indica que não há diferença entre a eficiência na mesma coluna, teste Tukey $p < 0,05$.

TRATAMENTO	IL _T	Desvio Padrão	Coef. Variação [%]	*Grupo Homogêneo	IL _{ST}	Desvio Padrão	Coef. Variação [%]	*Grupo Homogêneo	IL _{SS}	Desvio Padrão	Coef. Variação [%]	*Grupo Homogêneo
A	93,75	0,012	0,013	ab	93,84	0,067	0,072	abc	98,14	0,005	0,006	a
B	93,93	0,019	0,020	ab	97,23	0,015	0,016	ab	98,1	0,006	0,006	a
C	92,05	0,027	0,030	ab	97,3	0,013	0,013	ab	97,92	0,007	0,007	a
D	93,06	0,029	0,031	ab	96,05	0,017	0,017	ab	97,84	0,010	0,011	ab
E	95,29	0,009	0,010	a	97,43	0,029	0,029	ab	98,47	0,004	0,004	a
F	94,2	0,039	0,041	ab	96,67	0,067	0,069	ab	98,63	0,005	0,005	a
G	95,01	0,020	0,021	ab	94,41	0,063	0,067	abc	98,21	0,008	0,008	a
H	96,36	0,009	0,010	a	96,6	0,022	0,023	ab	98,75	0,003	0,003	a
I	95,62	0,012	0,013	a	97,21	0,016	0,017	ab	97,67	0,012	0,012	abc
J	91,08	0,035	0,039	ab	98,66	0,012	0,012	a	98,47	0,018	0,018	a
K	90,44	0,030	0,034	ab	97,92	0,024	0,024	a	96,99	0,038	0,039	abc
L	62,63	0,307	0,491	c	87,05	0,091	0,104	c	89,56	0,046	0,051	d
M	83,28	0,231	0,277	b	96,29	0,063	0,066	ab	94,32	0,092	0,097	abc
N	84	0,096	0,114	ab	90,54	0,126	0,139	bc	93,44	0,066	0,070	bcd
O	86,24	0,050	0,058	ab	94,75	0,048	0,050	ab	93,23	0,051	0,055	dc
P	85,99	0,034	0,040	ab	98,18	0,011	0,011	a	97,79	0,016	0,016	ab
Q	87,11	0,017	0,019	ab	97,55	0,015	0,015	a	97,52	0,015	0,016	abc
R	87,04	0,034	0,039	ab	96,16	0,022	0,023	ab	95,4	0,030	0,031	abc

Anexo 2

Limite de Danos Físicos

