

ESPECTROSCOPIA VIS/NIR PARA AVALIAR SÓLIDOS SOLÚVEIS E FIRMEZA DE POLPA EM CAQUIS, GOIABAS E QUIVIS

Priscila Alvariza Amaral¹, Andressa Vighi Schiavon², Marcos Antônio Giovanaz³, Ana Paula Fernandes de Lima⁴, Gustavo Marin Andreeta⁵, Suélen Braga Andrade⁶, Marcelo Barbosa Malgarim⁷

Resumo

Para estimar a qualidade da fruta que é enviada ao mercado, frequentemente são utilizados métodos nos quais é necessário destruí-la, muitas vezes trabalhosos e geradores de resíduos, e que geralmente contam com uma pequena amostragem para representar todo o lote. A utilização da espectroscopia na região visível (Vis) e do infravermelho próximo (Vis/NIR) apresenta-se como uma promissora e rápida tecnologia de avaliação das características internas de diversas espécies. Com isso, objetivou-se neste trabalho validar modelos de calibração para os atributos firmeza de polpa e sólidos solúveis de caquis, goiabas e quivis. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Pelotas, e para execução do trabalho foi utilizado o espectrofotômetro de interatância Nir-Case (SACMI, Imola, Itália) com comprimento de onda entre 660-1000nm. Foram estabelecidas equações de calibração para cada espécie e cultivar através dos métodos não destrutivos e destrutivos, posteriormente validou-se o desempenho das mesmas através do coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão dos valores previstos (RMSEP). Os parâmetros estimados foram sólidos solúveis e firmeza de polpa. Pelos resultados, pode-se considerar o parâmetro firmeza de polpa para goiaba cultivar Kumagai, nos cinco anos de avaliações, como sendo o único atributo que obteve valores satisfatórios. Tornando o método confiável para esta cultivar e este parâmetro. Já para os outros parâmetros, sólidos solúveis e firmeza de polpa em quivis 'Bruno' e caquis 'Fuyu' os resultados não foram considerados satisfatórios em ambos os parâmetros, necessitando novos ajustes para as safras futuras. Os resultados que indicam que a espectroscopia Vis/NIR pode ser utilizada para auxiliar na avaliação não destrutiva de qualidade e maturação de goiabas nas condições de trabalho realizadas.

Palavras-chave: *Psidium guajava*, *Actinidia deliciosa*, *Diospyros kaki*

Abstract

The quality estimate of fruit is shipped to the market, are frequently used methods, which destroys the fruit, they are cumbersome due to the required sampling procedure and may not be representative compared to commercial batch. The use of spectroscopy in the visible region (VIS) and near infrared (VIS / NIR) is presented as a promising technology and rapid evaluation of internal features of various species. Thus, the aim of this search validates calibration models for the attributes firmness and soluble solids of persimmons, guavas and kiwis. The experiment was conducted

at the Federal University of Pelotas, and execution of the search was used spectrophotometer interactance Nir-Case (SACMI, Imola, Italy) with a wavelength between 660-1000nm. Calibration equations were established for each species and cultivar through non-destructive and destructive methods, subsequently validated the performance of the same through the coefficient of determination (R^2) and standard error of the predicted values (RMSEP). The estimated parameters were soluble solids firmness. The results can be considered the firmness parameter to Kumagai, the five-year reviews, as the only attribute that obtained satisfactory values. Making reliable method for this cultivar and this parameter. As for the other soluble solids and firmness in kiwis 'Bruno' and persimmon 'Fuyu' the results were not satisfactory in both parameters, requiring new adjustments for future harvests. Results indicate that spectroscopy Vis / NIR can be used to assist in nondestructive evaluation of quality and guava maturation working conditions performed.

Keywords: *Psidium guajava*, *Actinidia deliciosa*, *Diospyros kaki*

INTRODUÇÃO

O consumo de frutas vem aumentando ao longo do tempo e a decisão das pessoas em comprar baseia-se na qualidade, muitas vezes, inicialmente na aparência externa. No entanto, a opção por compras posteriores está relacionada ao sabor e textura que o alimento apresenta (OPARA E PATHARE, 2014). Coloração, tamanho, firmeza, teor de açúcar e acidez são importantes análises feitas para definir o padrão de qualidade das frutas e considerados atributos essenciais para escolha do consumidor (BAHAREH E JAMSHIDI, 2012).

Para estimar a qualidade das fruta que são enviadas ao mercado, frequentemente são utilizados métodos nos quais é preciso destruí-las, estes são trabalhosos e geram resíduos devido à amostragem necessária no procedimento e podem não ser representativos em relação ao lote comercial. Portanto, para garantir uma melhor qualidade de frutas entregues ao consumidor, é necessário pesquisar e aprofundar a utilização de métodos não destrutivos confiáveis, precisos e rápidos (MARQUES et al., 2016).

O infravermelho próximo (NIR) ou visível/infravermelho próximo (Vis/NIR) é uma das técnicas que tem sido utilizada para analisar qualidade de frutas sem destruí-las. Apresenta como principal vantagem a possibilidade de determinar mais de uma característica de qualidade simultaneamente, sem necessidade de preparo prévio ou geração de resíduos, podendo analisar repetidas vezes a mesma amostra para que sejam monitoradas alterações qualitativas e também possibilita o aumento

do número de medições (NICOLAI et al., 2007; GABIOUD et al., 2008).

A região do infravermelho próximo (NIR) contém informações sobre a proporção relativa das bandas C-N, N-H, O-H, que correspondem a estruturas primárias das moléculas orgânicas, além de simultaneamente poder detectar e medir diferentes composições de materiais biológicos baseados na absorção da radiação do infravermelho através das ligações entre os átomos (COZZOLINO et al., 2004).

No entanto, é importante salientar que a técnica depende de modelos de calibração, que se baseiam em um amplo conjunto de dados considerando as condições que influenciam a cultura em estudo, incluindo a espécie, cultivar, condições climáticas e agronômicas (NICOLAI et al., 2007).

Após determinar o modelo de calibração, é necessário que seja feita a validação de sua capacidade de predição. Procedimento extremamente relevante para verificação do nível de ajuste do modelo, já que a partir daí preverá novas amostras (BEEBE et al., 1998).

Porém, todo este processo de escolher as frutas que irão compor a amostra é considerado um tanto trabalhoso e não muito simples, algumas frutas têm seu período de maturação bastante rápido (BETEMPS et al., 2014), principalmente espécies climatéricas, em que a maturação se concentra em poucas semanas. E a escolha dos componentes que irão compor a amostra deve contemplar frutas extremamente heterogêneas em relação aos parâmetros a serem avaliados (COSTA et al., 1999).

Com isso, objetivou-se neste estudo validar modelos de calibração para os atributos firmeza de polpa e sólidos solúveis de caquis, goiabas e quivis.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nas dependências do LabAgro, laboratório de pós-colheita, departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Pelotas/UFPel. As goiabas utilizadas foram provenientes do pomar didático do Centro Agropecuário da Palma/FAEM-UFPel no município de Capão do Leão/RS (Latitude 31° 52' 00" S; Longitude 52° 21' W Greenwich; Altitude: 13,24 m), durante cinco safras, de 2011 a 2015 (Tabela 1), e foi utilizada a cultivar de polpa branca 'Kumagai'.

As frutas de caqui 'Fuyu' e quivi 'Bruno' foram oriundas de um produtor da região de Canguçu/RS. Sendo o caqui colhido durante três safras (2013, 2014 e 2015) e os quivis colhidos durante cinco safras (2011 a 2015), como mostra a Tabela 1.

As Análises não destrutivas foram feitas com frutas colhidas de diferentes plantas, apresentando diferentes estádios de maturação tanto para calibração quanto para validação. Na Tabela 1 observa-se o tamanho da amostra utilizada em cada ano para cada espécie. As medidas utilizando o NIR-Case foram feitas na porção equatorial (lados opostos A e B) das frutas e constituíram as análises físico-químicas para caqui e quivi: firmeza de polpa (FP) e sólidos solúveis (SS); e para goiaba somente firmeza de polpa, pois não foi possível obter amostra de suco suficiente por fruta para avaliar os sólidos solúveis.

Tabela 1. Anos de colheita, espécie, número de frutas utilizadas para calibração e número de frutas utilizadas para validação. Pelotas, 2016.

Ano de colheita	Espécie	Nº frutas calibração	Nº frutas validação
2011	Goiaba	70	25
	Quivi	57	40
2012	Goiaba	30	12
	Quivi	50	25
2013	Goiaba	100	100
	Quivi	100	100
	Caqui	100	100
2014	Goiaba	50	40
	Quivi	70	50
	Caqui	90	50
2015	Goiaba	50	25
	Quivi	50	30
	Caqui	90	50

O equipamento utilizado para determinar a qualidade das frutas de forma não destrutiva foi o espectrofotômetro NIR-Case (SACMI Imola, Itália), o qual efetua as medições através do princípio da interactância da luz. Sua fonte de luz constitui-se de oito lâmpadas de halógeno de comprimento de onda que varia entre os 600 e 1000 nanômetros (nm). O tempo de medição varia entre 6 milissegundos e 2 segundos. Antes de efetuar as medições, foram feitos os procedimentos de configuração e calibração do aparelho (luz branca e negra)

As Análises destrutivas (referência) foram feitas utilizando a mesma amostragem de frutas que passaram pelo NIR-case. Os parâmetros avaliados foram: firmeza da polpa (FP) com auxílio de um penetrômetro digital de bancada com ponteira de 8 mm de diâmetro (modelo 53205, TR, Forli, Itália), os resultados expressos em Newtons; e o conteúdo de sólidos solúveis (SS), depois da retirada do suco dos dois lados da fruta, com auxílio do refratômetro digital (Atago PR32), resultados expressos em °brix.

Após as avaliações, foram analisados os espectros gerados pelo NIR-case juntamente com os valores de referência, obtidos pelos métodos destrutivos através de modelos estatísticos multivariados. Resultando na obtenção das calibrações, as quais foram calculadas com o software de calibração NCS (NIR CALIBRATION SOFTWARE) Vers. 3.0 R C1. Sendo as análises matemáticas de calibração partes do software vindas juntamente com o equipamento. As equações para calibração foram confrontadas através de parâmetros estatísticos: coeficiente de regressão múltipla (MR), erro “standard” de calibração (SEC).

A calibração foi testada (predição) através da validação utilizando um novo conjunto de amostras, submetidas novamente ao NIR-Case (utilizando a calibração já descrita). Obtendo-se os valores preditos do equipamento para esta amostra, e estes foram confrontados com os valores reais, obtidos através de métodos de referência (destrutíveis).

A adequabilidade dos modelos de calibração e predição foram avaliada de acordo com os seguintes critérios: Coeficiente de Determinação (R^2) e raiz do erro médio quadrático dos valores previstos ou RMSEP (Root mean square error of prediction) utilizando o software NIR case versão 3.0 e o programa Excel 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as avaliações realizadas em quivis da cultivar Bruno, observa-se na Tabela 2, através dos valores obtidos por regressão múltipla, que as calibrações feitas para o parâmetro sólidos solúveis durante os cinco anos apresentaram resultados satisfatórios de coeficiente correlativo (MR) juntamente com valores baixos de erro (SEC). Com relação ao parâmetro firmeza de polpa, os valores de MR estiveram iguais ou abaixo de 0,70 em todos os anos de estudo. Conforme Liu

et al. (2008), coeficientes correlativos de 0,70 ou mais são considerados satisfatórios, assim como valores baixos de erro (SEC), pois valores altos sugerem que informações irrelevantes também podem ser modeladas induzindo calibrações não confiáveis.

Em trabalhos com quivi (MCGLONE et al., 1998), pera (MACHADO et. al., 2012), melão (LU et al., 2015) e pêssego (NASCIMENTO et al., 2016) o parâmetro sólidos solúveis também apresentou maiores coeficientes correlativos quando comparado a firmeza de polpa. Sugerindo que a firmeza de polpa seja menos precisa pois pode variar conforme o operador que a executa.

Tabela 2. Parâmetros estatísticos, valores médios, coeficiente de regressão múltipla (MR) e erro padrão de calibração (SEC), referentes às curvas calibração para sólidos solúveis (SS) e firmeza de polpa (FP) de quivis cultivar Bruno, utilizando NIR-Case, Pelotas, 2016.

Ano	Parâmetros estatísticos			
	Características	Valores médios	MR	SEC
2011	Sólidos solúveis (°Brix)	16,20	0,84	0,70
	Firmeza de polpa (N)	11,06	0,70	0,89
2012	Sólidos solúveis	14,37	0,84	1,01
	Firmeza de polpa	13,08	0,62	1,36
2013	Sólidos solúveis	14,04	0,83	1,93
	Firmeza de polpa	13,21	0,63	1,14
2014	Sólidos solúveis	12,07	0,80	0,90
	Firmeza de polpa	16,40	0,35	15,15
2015	Sólidos solúveis	6,58	0,85	0,74
	Firmeza de polpa	42,96	0,65	0,50

Para que os modelos de calibração possam prever os resultados é necessária à validação dos mesmos. A tabela 3 apresenta os resultados de validação, sendo o coeficiente de determinação (R^2) tanto para parâmetro sólidos solúveis quanto para firmeza de polpa, dentro de todos os anos avaliados, muito abaixo do satisfatório. De acordo com Scaritporn et al. (2008), coeficientes abaixo de 0,70 não são considerados satisfatórios. Sendo assim, a validação para os dois parâmetros

testados, não obteve valores aceitáveis para tornar o método confiável em quivis 'Bruno'.

Em trabalho também com quivi (MCGLONE et al., 1998), foram observados resultados insatisfatórios para o parâmetro firmeza de polpa utilizando o NIR, concordando com os resultados deste estudo. Com relação ao parâmetro sólidos solúveis, o mesmo trabalho (MCGLONE et al., 1998) obteve resultados aceitáveis para tornar o modelo confiável, diferentemente do que resultou este estudo que não chegou a valores considerados mínimos para ajustar o modelo e tornar o método confiável para este parâmetro. Os autores (MCGLONE et al., 1998), concluíram que quando a variabilidade, origem, tamanho e dureza não eram consideradas no conjunto de calibração, obtinham-se erros de validação significativos. No caso deste estudo, foram utilizadas frutas de um mesmo pomar, mesma cultivar e mesma safra para cada ano de calibração e validação, mesmo assim obtiveram-se resultados insatisfatórios, o que provavelmente deveu-se ao fato dos quivis não terem apresentado variabilidade necessária para englobar todos os diferentes estádios de maturação, já que a fruta não apresenta características externas de amadurecimento na hora da colheita, o que dificulta a escolha de frutas com diferentes graus de maturação.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos, R² (coeficiente de determinação), RMSEP (erro padrão dos valores preditos) e as equações de reta para o modelo de regressão linear (y=ax+b) com relação à validação da calibração feita para determinação de sólidos solúveis e firmeza de polpa em quivis 'Bruno'. Pelotas, 2016.

Parâmetros estatísticos			
Sólidos solúveis			
Ano	R²	RMSEP	Equação
2011	0,37	0,84	Y=0,5412x+6,5107
2012	0,09	1,84	Y=0,4163x+8,5436
2013	0,25	4,15	Y=0,125x+4,9247
2014	0,09	2,93	Y=0,1273x+4,502
2015	0,51	0,87	Y=0,6904x+5,0232
Firmeza de polpa			
2011	0,04	1,29	Y=0,0481x+0,0751
2012	0,04	2,08	Y=0,3039x+1,4189
2013	0,0026	3,37	Y=0,3259x+10,391
2014	0,063	11,86	Y=0,1359x+36,485
2015	0,27	0,74	Y=0,3027x+0,3769

Nas avaliações de calibração do parâmetro firmeza de polpa em goiabas 'Kumagai' oriundas de regressão múltipla (Tabela 4), observa-se que os valores do coeficiente correlativo, em todos os anos, apresentaram-se acima de 0,70, considerado satisfatório (LIU et al., 2008), concordando com trabalhos realizados com pera (MACHADO, 2012), pêssego (BETEMPS et al., 2014) e abacate (BLAKEY, 2016) que avaliaram também firmeza de polpa e obtiveram coeficientes correlativos iguais ou acima de 0,70.

Tabela 4. Ano de avaliação, valores médios, coeficiente de regressão múltipla (MR) e erro padrão de calibração (SEC) referentes a curvas calibração para firmeza de polpa (FP) de goiabas cultivar Kumagai, utilizando NIR-Case, Pelotas, 2016.

Ano	Valores médios	MR	SEC
2011	4,47	0,90	1,08
2012	9,55	0,97	1,10
2013	1,05	0,84	1,80
2014	3,03	0,79	12,35
2015	2,06	0,79	0,80

Para os modelos serem capazes de prever os resultados em amostras de goiabas, é necessária que seja feita a validação dos modelos de calibração (Tabela 5). A firmeza de polpa apresentou coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,70 em quatro dos anos avaliados, sendo somente inferior no ano de 2013 ($R^2 = 0,63$), no entanto com um valor bastante próximo a 0,70, sugerindo que o valor mais baixo pode ter ocorrido devido ao tamanho da amostra ou algum erro de operação durante o processo de validação.

O parâmetro estatístico RMSEP (Tabela 5) quando baixo, juntamente com R^2 alto, permite que a adequabilidade de um modelo de predição possa ser avaliada (MELO-ABREU et al., 2004; ROGGO et al., 2007). Os resultados do erro (RMSEP) durante os cinco anos de análises variaram de 0,97 a 8,72, valores semelhantes aos descritos em trabalhos com pera (COSTA et al., 2002; NICOLAI et al., 2008; MACHADO et al., 2012), pêssego (BETEMPS, 2014), maçã (KUMAR et al., 2015), abacate (OLAREWAJU et al., 2016) e manga (MARQUES et al., 2016).

Tabela 5. Ano de colheita, R^2 (coeficiente de determinação), RMSEP (erro padrão dos valores preditos) e as equações de reta para o modelo de regressão linear

($y=ax+b$) com relação a validação da calibração feita para determinação de firmeza de polpa em goiabas 'Kumagai'. Pelotas, 2016.

Ano	R ²	RMSEP	Equação
2011	0,70	2,55	$y=1,0046x-1,8687$
2012	0,70	3,76	$y =1,3657x+0,780$
2013	0,63	1,20	$y=0,8862x+0,0926$
2014	0,70	8,72	$y=0,6697x+9,4566$
2015	0,70	0,97	$y=0,003x+1,5557$

A Tabela 6 apresenta os resultados da caracterização das amostras para firmeza de polpa que foram utilizadas para validação das calibrações avaliadas e obtidas pelo software da SACMI. Comparando os valores de mínimos, máximos e médias, os valores são relativamente próximos.

O modelo ter sido considerado confiável para o parâmetro firmeza de polpa em goiabas 'Kumagai' concorda com trabalhos feitos em pêssegos de polpa branca (FU et al., 2008) e nectarinas (PÉREZ-MARIN et al., 2009) que afirmam que a espectroscopia pode ser uma técnica confiável para este parâmetro. Diferente de trabalhos com pera (MACHADO et al., 2012), pêssego (BETEMPS et al., 2014) e maçã (KUMAR, et al., 2015), que consideraram os resultados pouco confiáveis para determinar modelos capazes de estimar valores de firmeza de polpa.

Tabela 6. Caracterização do parâmetro firmeza de polpa utilizada para a validação das calibrações realizadas durante os anos de 2011 a 2015 em goiabas 'Kumagai', Pelotas, 2016.

Ano		Mínimos	Máximos	Médias	Desv. Padrão
2011	Preditos	1,28	11,66	4,47	2,64
	Referência	0	12,50	2,62	3,19
2012	Preditos	0,45	12,71	4,86	3,87
	Referência	0,18	21,46	4,88	6,23
2013	Preditos	0,05	9,24	1,76	1,74
	Referência	0,12	8,93	1,88	1,43
2014	Preditos	0,63	56,74	16,81	9,53
	Referência	0,85	67,95	10,25	11,91
2015	Preditos	0	20,75	10,94	0,79
	Referência	0,08	30,14	10,90	0,81

Para as frutas de caquis foi utilizada a cultivar Fuyu, e os parâmetros avaliados durante os três anos foram sólidos solúveis e firmeza de polpa. Os valores

de calibração foram obtidos através da regressão múltipla. Observa-se que (Tabela 7) todos os parâmetros apresentaram coeficiente de regressão múltipla acima de 0,70, juntamente com baixos valores de SEC, considerados satisfatórios conforme trabalhos realizados anteriormente (LIU et al., 2008; SCARITPORN, 2008). Concordando com estudos feitos com pera (MACHADO et al., 2012), melão (LU et al., 2015), pêssigo (BETEMPS et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2016) e abacate (BLAKEY, 2016) que avaliaram também sólidos solúveis e firmeza de polpa e obtiveram coeficientes correlativos iguais ou acima de 0,70.

Tabela 7. Parâmetros estatísticos, valores médios, coeficiente de regressão múltipla (MR) e erro padrão de calibração (SEC), referentes a curvas calibração para sólidos solúveis (SS) e firmeza de polpa (FP) de caquis ‘Fuyu’, utilizando NIR-Case, Pelotas, 2016.

Ano	Parâmetro	Valores médios	MR	SEC
2013	Sólidos solúveis (°Brix)	16,69	0,84	8,65
	Firmeza de polpa (N)	3,73	0,88	0,85
2014	Sólidos solúveis	24,31	0,81	0,81
	Firmeza de polpa	17,07	0,78	6,24
2015	Sólidos solúveis	23,75	0,81	0,89
	Firmeza de polpa	22,66	0,86	7,40

Para que a calibração pudesse se tornar eficiente e pudesse ser utilizada com o intuito de prever resultados em amostras de caqui, a validação dos modelos foi realizada, nos três anos de estudo. Os parâmetros estatísticos (Tabela 8) apresentaram valores baixos de R^2 , não alcançando o valor satisfatório de pelo menos 0,70 em nenhum parâmetro ou ano. Apesar dos valores não terem sido tão baixos (de 0,33 a 0,55) em comparação aos valores encontrados para quivis neste trabalho, foram abaixo dos considerados confiáveis para um modelo satisfatório.

Os valores do erro (RMSEP) foram considerados baixos, o que seria aceitável se aliados a um R^2 acima de 0,70, no entanto não ocorreu no caso deste estudo. Sendo assim, apesar das calibrações apresentarem resultados satisfatórios, a adequabilidade de um modelo de predição não pode ser avaliada (MELO-ABREU et al., 2004; ROGGO et al., 2007). A espectroscopia, nessas condições, não se adequou como um método confiável na avaliação de qualidade de caquis ‘Fuyu’, bem como em trabalho realizado com abacate (BLAKEY, 2016).

Tabela 8. Parâmetros estatísticos R^2 (coeficiente de determinação), RMSEP (erro padrão dos valores preditos) e as equações de reta para o modelo de regressão linear ($y=ax+b$) com relação à validação da calibração feita para determinação de sólidos solúveis e firmeza de polpa em caquis 'Fuyu'. Pelotas, 2016.

Sólidos solúveis			
Ano	R^2	RMSEP	Equação
2013	0,54	1,41	$Y=0,5922x+5,7131$
2014	0,44	0,84	$Y=0,6183x+6,6009$
2015	0,42	1,04	$Y=0,5422x+7,8401$
Firmeza de polpa			
2013	0,55	0,91	$Y=0,7662x+0,47$
2014	0,35	7,35	$Y=0,3501x+13,949$
2015	0,33	14,82	$Y=0,5156x+4,6263$

CONCLUSÃO

Para os parâmetros firmeza de polpa e sólidos solúveis em kiwis 'Bruno' e caquis 'Fuyu' não foi possível desenvolver modelos confiáveis para estimar os resultados através de um método não destrutivo por espectroscopia Vis/NIR.

Para o parâmetro firmeza de polpa em goiabas 'Kumagai' foi possível desenvolver um modelo confiável para estimar os resultados utilizando o método não destrutivo através da espectroscopia Vis/NIR.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas e a CAPES, pelo fomento a pesquisa e financiamento de bolsas de estudo e ao Prof. orientador Dr. José Carlos Fachinello (*in memoriam*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHAREH, J, MINAEI, S, MOHAJERANI, E, GHASSEMIAN, H. Reflectance Vis/NIR spectroscopy for nondestructive taste characterization of Valencia oranges. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 85 p. 64–69. 2012.
- BEEBE, K. R.; PELL, R. J.; SEASHOLTZ, M. B. **Chemometrics: a practical guide**. New York, p. 46-47, 1998.

BETEMPS, D. L., FACHINELLO, J. C., GALARÇA, S. P., MACHADO, N. P., REMORINE, D., MASSAI, R., AGATI, G. Espectroscopia do visível e infra-vermelho próximo para estimar sólidos solúveis e firmeza de polpa em função da época de colheita em pêssegos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1257-1266, 2014.

BLAKEY, R. Evaluation of avocado fruit maturity with a portable near-infrared spectrometer. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v. 121, p.101–105, 2016.

COSTA, G., NOFERINI, M., FIORI, G., MISEROCCHI, O., BREGOLI, A.M. NIRS Evaluation of Peach and Nectarine Fruit /quality un Pre- and Post-Haverst Conditions. **Acta Horticulture**, Peniche, p. 592, 2002.

COZZOLINO, D., KWIATKOWSKI, M. J., PARKER, M., CYNKAR, W. U., DAMBERGS, R. G., GISHEN, M., Prediction of phenolic compounds in red wine fermentations by visible and near infrared spectroscopy. **Analytica Chimica Acta**, v. 513, n. 1, p. 73–80. 2004.

FU, X., YING, Y., ZHOU, Y., XIE, L., XU, H. Application of NIR spectroscopy for firmness evaluation of peaches. **Journal of Zhejiang University Science**, Zhejiang v.9, n. 7, p. 552-557, 2008.

GABIOUD, S; BAUMGARTNER, D.; GASSER, F.; KNEUBÜHLER, Y; LATTMANN S.; HOHN, E. Non destructive quality measurements on apples. **Acta Horticulture**, Peniche, n. 796, p. 217-224, 2008.

KUMAR, S., MCGLONE, A., WHITWORTH, C., VOLZ, R. Postharvest performance of apple phenotypes predicted bynear-infrared (NIR) spectral analysis. **Postharvest Biology and Technology**, New York, v. 100, p. 16–22, 2015.

LIU, Y; CHEN, W.; OUYANG, A.; Nondestructive determination of pear internal quality indices by visible and near-infrared spectrometry. **Food Science and Technology**, Campinas, 2008.

LU, J., QI, S., LIU, R., ZHOU, E., LI, W., SONG, S., HAN, D. Nondestructive determination of soluble solids and firmness in mix-cultivar melon using near-infrared

CCD spectroscopy. **Journal of Innovative Optical Health Sciences**, New York, v. 8, p. 8, 2015.

MACHADO, N. P., FACHINELLO, J. C., SIMONE P. GALARÇA, BETEMPS, D. L., PASA, M. S., SCHMITZ, J. D. Pear quality characteristics by Vis / NIR spectroscopy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 84, n. 3, p. 853-863, 2012.

MARQUES, E. J. N., FREITAS, S. T. F., PIMENTEL, M. F., PASQUINI, C. Rapid and non-destructive determination of quality parameters in the 'Tommy Atkins' mango using a novel handheld near infrared spectrometer. **Food Chemistry**, New York, v. 197 p. 1207–1214, 2016.

MCGLONE, V.A.; KAWANO, S. Firmness, dry-matter and soluble-solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. **Postharvest Biology Technology**, New York, v. 13, p. 131–141, 1998.

NASCIMENTO, P. A. M., CARVALHO, L. C., JÚNIOR, L. C. C., PEREIRA, F. M. V., TEIXEIRA, G. H. A. Robust PLS models for soluble solids content and firmness determination in low chilling peach using near-infrared spectroscopy (NIR). **Postharvest Biology and Technology**, New York, v.111, p. 345–350, 2016.

NICOLAÏ, B.M., BEULLENS, K., BOBELYN, E., PEIRS, A., SAEYS, W., THERON, K.I., LAMMERTYN, J. Nondestructive measurements of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: a review. **Postharvest Biology Technology**, New York, v. 46, p. 99–118, 2007.

NICOLAÏ BM, VERLINDEN BE, DESMET M, SAEVELS S, SAEYS W, THERON K, CUBEDDU R, PIFFERI A, TORRICELLI A. Time-resolved and continuous wave NIR reflectance spectroscopy to predict soluble solids content and firmness of pear. **Postharvest Biology Tecnology**, New York, v. 47, p. 68-74. 2008.

OLAREWAJU, O. O., BERTLING, I., MAGWAZA, L. S. Non-destructive evaluation of avocado fruit maturity using nearinfrared spectroscopy and PLS regression models. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n. 199, p. 229–236, 2016.

OPARA, U.L., PATHARE, P.B. Bruise damage measurement and analysis of fresh horticultural produce-a review. **Postharvest Biology Technology**, New York, v. 91, p. 9–24. 2014.

PÉREZ-MARÍN, D., SÁNCHEZ, M.T., PAZ,P., SORIANO,M.A., GUERRERO, J.E., VARO, A. Non-destructive determination of quality parameters in nectarines during on-tree ripening and postharvest storage. **Postharvest Biology Technology**, New York, v.52 p. 180–188, 2009.

ROGGO, Y., CHALUS, P., MAURER, L., LEMA-MARTINEZ, C., EDMOND, A. & JENT, N., A review of near infrared spectroscopy and chemometrics in pharmaceutical Technologies – Review. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis** 44: p. 683–700, 2007.

SCARITPORN, V.; ZHAO, J.; CHEN, Q.; RACHATA, C. Application of FT-NIR spectroscopy to the measurement of fruit firmness of “Fuji” apples. **International Journal of Science and Technology**, Reino Unido, v. 2, n. 1, p. 13-23, 2008.