



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA



COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DISSERTAÇÃO

ÁREA CONCENTRAÇÃO:

ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM COLORÍMETRO PARA PRODUTOS
AGRÍCOLAS

JEDMAN DANTAS MOTTA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

AGOSTO – 2005

JEDMAN DANTAS MOTTA

Engenheiro Agrícola

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM COLORÍMETRO PARA PRODUTOS
AGRÍCOLAS**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Campina Grande, para a obtenção do Título
de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de
Concentração em Armazenamento e
Processamento de Produtos Agrícolas.**

**Orientadores: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz
Prof.^a. Dr.^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
AGOSTO - 2005**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M921c Motta, Jedman Dantas
2005 Construção e avaliação de colorímetro para produtos agrícolas/ Jedman Dantas Motta. — Campina Grande, 2005.
140p. il.

Referências.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

Orientadores: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz e Prof^a. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo.

1- Colorimetria 2 – Estádio de Maturação 3 – Sistemas de Cor I – Título

CDU 634.1:543.422.7

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JEDMAN DANTAS MOTTA

**CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE UM COLORÍMETRO PARA
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Alexandre J M Queiroz
Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

APROVADO COM DISTINÇÃO

Rossana Maria F. de Figueiredo
Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

"Aprovado com distinção"

Vimário Simões Silva
Dr. Vimário Simões Silva-Examinador

"APROVADO COM DISTINÇÃO"

Josivanda P. Gomes de Gouveia
Dra. Josivanda Palmeira G. de Gouveia-Examinadora

"APROVADO COM DISTINÇÃO"

AGOSTO - 2005

À minha família, dedico.

*Porque Dele e por Ele,
e para Ele, são todas as coisas;
glória pois a Ele eternamente. Amém.*

Romanos 11:36

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus e Pai, pelo conforto, amor, perdão, instrução, paz, suprimento, renovação, amparo, livramento e fé.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade.

Aos meus orientadores, Prof. Alexandre José de Melo Queiroz e Prof^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, pela confiança e pronto atendimento.

Aos professores Vimário Simões Silva e Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia, pela rica contribuição na avaliação do meu trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A Ivani Queiroz, pelo seu amor e auxílio.

Ao meu irmão Jean pela ajuda no projeto.

A Israel Vicente pela ajuda na construção do protótipo.

A Jerônimo da UPeDA (Campus de Bananeiras).

A Rivanilda, pelo simpático atendimento na coordenação.

A Nísia Leão, pela correção do texto final.

A todos aqueles que conheci e com quem convivi, dos quais os nomes e as considerações não caberiam na mesma quantidade de páginas deste escrito.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO	xviii
ABSTRACT	xix
I – INTRODUÇÃO	1
1.1 – Objetivo geral	2
1.1.1 – Objetivos específicos	2
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 – Características dos frutos	3
2.1.1 – Goiaba	3
2.1.2 – Mamão	4
2.1.3 – Manga	4
2.2 – Maturação de frutos	5
2.3 – Cor de materiais biológicos	6
2.4 – Física da cor	8
2.4.1 – Fonte luminosa	8
2.4.2 – Interação energia-matéria	12
2.4.3 – Sensor ótico	13
2.5 – Sistemas de classificação de cor	14
2.5.1 – Sistema de cor de Munsell	15
2.5.2 – Sistema CIE – XYZ <i>tristimulus</i> e espaço de cor Yxy	15
2.5.3 – Sistema CIE – espaço de cor L*a*b* ou CIELAB	17
2.5.4 – Sistema L*C*h	19
2.5.5 – Sistema Hunter Lab	19
2.6 – Instrumentos de medição de cor	20
3 – MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 – Construção do colorímetro	22
3.2 – Testes iniciais do colorímetro	25
3.3 – Preparação dos padrões de cor	26
3.4 – Medidas de cor	27
3.5 – Características físico-químicas das polpas	30
3.6 – Análise estatística	31
3.6.1 – Análise de regressão	31
3.6.2 – Análise de variância	32
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 – Características do sensor	33
4.1.1 – Velocidade de resposta do sensor	37

4.2 – Comparação das leituras de cor das amostras de pó colorido, obtidas a partir do colorímetro construído e do colorímetro Minolta CR-10.....	40
4.3 – Utilização do colorímetro construído para determinação das cores em mamão.....	48
4.3.1 – Sólidos solúveis totais e pH.....	51
4.3.2 – Relação entre a cor da casca e da polpa do mamão e o teor de sólidos solúveis totais e pH.....	51
4.4 – Utilização do colorímetro construído para determinação das cores em goiaba.....	63
4.4.1 – Sólidos solúveis totais e pH.....	65
4.4.2 – Relação entre a cor da casca e da polpa da goiaba e o teor de sólidos solúveis totais e pH.....	66
4.5 – Utilização do colorímetro construído para determinação das cores em manga.....	76
4.5.1 – Sólidos solúveis totais e pH.....	78
4.5.2 – Relação entre a cor da casca e da polpa da manga e o teor de sólidos solúveis totais e pH.....	79
4.6 – Avaliação da cor e textura no decorrer do amadurecimento do mamão.....	89
4.7 – Avaliação da cor e textura no decorrer do amadurecimento da goiaba.....	93
4.8 – Avaliação da cor e textura no decorrer do amadurecimento da manga.....	97
5 – CONCLUSÕES.....	101
6 – SUGESTÕES.....	103
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
APÊNDICE A.....	108
APÊNDICE B.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Comportamento no espaço dos campos elétrico e magnético (Fonte: adaptado de HAYT JR., 1983).....	9
Figura 2.2 – Espectro eletromagnético (Fonte: adaptado de NOVO, 1993).....	10
Figura 2.3 – Distribuição espectral de potência relativa dos iluminantes A e D ₆₅ (Fonte: EYNARD, 1973).....	11
Figura 2.4 – Resposta espectral para três materiais distintos (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998).....	12
Figura 2.5 – Resposta do olho humano ao espectro de cores padronizada pela CIE (Fonte: adaptado de MOREIRA, 1982).....	14
Figura 2.6 – Representação gráfica do sistema de Munsell (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998).....	15
Figura 2.7 – Representação gráfica do sistema Yxy (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998).....	17
Figura 2.8 – Representação gráfica do sistema L*a*b* (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998).....	18
Figura 3.1 – Esquema do protótipo de colorímetro.....	23
Figura 3.2 – Esquema visual do protótipo de colorímetro.....	23
Figura 3.3 – Diagrama de blocos do colorímetro e disposição do conjunto de LED's.....	24
Figura 3.4 – Esquema do porta-amostra e da amostra retirada do fruto.....	29
Figura 4.1 – Valores experimentais da iluminância dos LED's de cada cor, em função da corrente elétrica, e curvas ajustadas por equação quadrática.....	34
Figura 4.2 – Valores experimentais da tensão nos terminais do sensor, em função da iluminância calculada e ajustes por equação linear.....	36
Figura 4.3 – Valores experimentais da tensão no sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento violeta.....	39
Figura 4.4 – Valores experimentais da tensão no sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento amarelo.....	39
Figura 4.5 – Valores experimentais da tensão no sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento laranja.....	40
Figura 4.6 – Valores de L*a*b* para as 30 amostras de pó secas em estufa, obtidas com colorímetro construído.....	42
Figura 4.7 – Valores de L*a*b* para as 30 amostras de pó secas em estufa, obtidas com colorímetro Minolta CR-10.....	43
Figura 4.8 – Valores da diferença de cor (ΔE^*_{ab}) em torno da média (a) e em valor absoluto por amostra (b) para as 30 amostras em pó secas em estufa.....	44

Figura 4.9 – Valores de $L^*a^*b^*$ para as 30 amostras de pó secas a temperatura ambiente, obtidas a partir do colorímetro construído	45
Figura 4.10 – Valores de $L^*a^*b^*$ para as 30 amostras de pó secas a temperatura ambiente, obtidas a partir do colorímetro Minolta CR-10	46
Figura 4.11 – Valores da diferença de cor (ΔE^*_{ab}) em torno da média (a) e em valor absoluto por amostra (b) para as 30 amostras de pó secas a temperatura ambiente	46
Figura 4.12 – Relação entre valores observados e preditos na estimativa das constantes de transformação para o atributo L^*	47
Figura 4.13 – Relação entre valores observados e os preditos na estimativa das constantes de transformação para o atributo a^*	48
Figura 4.14 – Relação entre valores observados e os preditos na estimativa das constantes de transformação para o atributo b^*	48
Figura 4.15 – Refletâncias da casca e polpa da amostra de mamão M1/1 em função do comprimento de onda.....	49
Figura 4.16 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação de grau três.....	54
Figura 4.17 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática ..	54
Figura 4.18 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST), em função do índice de cor da casca (IC_C) e ajuste por equação de grau três	55
Figura 4.19 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática	55
Figura 4.20 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação de grau três.....	56
Figura 4.21 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática ..	56
Figura 4.22 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação de terceiro grau.....	57
Figura 4.23 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática	58
Figura 4.24 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação linear	59
Figura 4.25 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação linear	59

Figura 4.26 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática	60
Figura 4.27 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática	60
Figura 4.28 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação linear	61
Figura 4.29 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática.....	61
Figura 4.30 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação linear	62
Figura 4.31 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática	62
Figura 4.32 – Valores experimentais do pH e sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) para os exemplares de mamão	63
Figura 4.33 – Refletâncias da casca e polpa da amostra de goiaba G1/1 em função do comprimento de onda.....	64
Figura 4.34 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) da goiaba e ajuste por equação linear	67
Figura 4.35 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) da goiaba e ajuste por equação quadrática....	67
Figura 4.36 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação linear	68
Figura 4.37 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação quadrática	69
Figura 4.38 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação linear.....	69
Figura 4.39 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação quadrática	70
Figura 4.40 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação linear	70
Figura 4.41 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação quadrática	71
Figura 4.42 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação linear	71

Figura 4.43 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação linear	72
Figura 4.44 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação quadrática	72
Figura 4.45 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação quadrática	73
Figura 4.46 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_C) da goiaba e ajuste por equação linear	74
Figura 4.47 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_C) da goiaba e ajuste por equação quadrática	74
Figura 4.48 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) da goiaba e ajuste por equação linear	75
Figura 4.49 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) da goiaba e ajuste por equação quadrática	75
Figura 4.50 – Valores experimentais do pH e sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca para os exemplares de goiaba	76
Figura 4.51 – Refletâncias da casca e polpa da amostra de manga MG1/I em função do comprimento de onda.....	77
Figura 4.52 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação linear	80
Figura 4.53 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação quadrática....	81
Figura 4.54 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação linear	81
Figura 4.55 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação quadrática	82
Figura 4.56 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação linear	82
Figura 4.57 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação quadrática....	83
Figura 4.58 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa de manga e ajuste por equação linear	83
Figura 4.59 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa de manga e ajuste por equação quadrática	84
Figura 4.60 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação linear	84

Figura 4.61 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação linear	85
Figura 4.62 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação quadrática	85
Figura 4.63 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação quadrática	86
Figura 4.64 – Valores experimentais médios do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação linear	87
Figura 4.65 – Valores experimentais médios do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação linear	87
Figura 4.66 – Valores experimentais médios do pH, em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação quadrática	88
Figura 4.67 – Valores experimentais médios do pH, em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação quadrática.....	88
Figura 4.68 – Valores experimentais do pH e sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) para os exemplares de manga	89
Figura 4.69 – Valores experimentais transformados do índice de cor da casca médio (IC) de todos os mamões, em função do tempo de armazenamento	90
Figura 4.70 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do tempo, para os exemplares de mamão.....	92
Figura 4.71 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do índice de cor da casca (valores transformados) para os exemplares de mamão	93
Figura 4.72 – Valores experimentais transformados do índice de cor médio da casca (IC) em função do tempo, para a goiaba.....	94
Figura 4.73 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do tempo, para os exemplares da goiaba.....	96
Figura 4.74 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do índice de cor da casca (valores transformados) para os exemplares da goiaba	96
Figura 4.75 – Valores experimentais transformados médios do índice de cor médio da casca (IC) em função do tempo para a manga.....	98
Figura 4.76 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do tempo para os exemplares da manga.....	100
Figura 4.77 – Valores experimentais da penetração de ponta de prova (mm) em função do índice de cor (valores transformados) para os exemplares da manga.....	100
Figura A.1 – Valores experimentais da iluminância dos LED's de cada cor, em função da corrente elétrica e curvas ajustadas por equação linear.....	109

Figura A.2 – Valores experimentais da tensão nos terminais do sensor, em função da iluminância calculada e ajustes por equação quadrática.....	110
Figura A.3 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento azul.....	111
Figura A.4 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento verde.....	111
Figura A.5 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento âmbar.....	112
Figura A.6 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento vermelho.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Divisão do espectro eletromagnético segundo cada cor, comprimento de onda (λ) e frequência (f)	11
Tabela 3.1 – LED's usados no colorímetro	24
Tabela 3.2 – Valores padronizados de \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} a serem usados no cálculo dos valores <i>tristimulus</i> XYZ	27
Tabela 3.3 – Número de tratamentos por fator para o delineamento utilizado	32
Tabela 4.1 – Iluminância dos LED's (lux) de cada cor em função da corrente elétrica (mA) aplicada	33
Tabela 4.2 – Equações obtidas a partir de ajuste quadrático aos dados experimentais da iluminância em função da corrente elétrica para os LED's de cada cor.....	34
Tabela 4.3 – Tensão nos terminais do sensor (V_s) em resposta à variação da corrente elétrica (I), e iluminância calculada (L_{cal}), dos LED's de cada cor	35
Tabela 4.4 – Equações obtidas a partir de ajuste linear aos dados experimentais da resposta do sensor, em função da iluminância calculada pela corrente sobre os LED's	37
Tabela 4.5 – Tensão média de saída do sensor, em volts, em função do tempo e cor aplicada para uma amostra de magnésio prensado	38
Tabela 4.6 – Tensão média de saída do sensor para a amostra C100 e magnésio prensado e refletância calculada	40
Tabela 4.7 – Valores <i>tristimulus</i> (X, Y e Z), parâmetros do espaço de cor $L^*a^*b^*$ e diferença de cor (ΔE^*_{ab}) das 30 amostras em pó, secas em estufa, obtidos com os colorímetros construído e Minolta CR-10.....	41
Tabela 4.8 – Valores de tensão e refletância para a primeira leitura do primeiro exemplar de mamão (M1/1), em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada.....	49
Tabela 4.9 – Valores padronizados da tensão sobre o magnésio, do iluminamento de cada conjunto de LED e das constantes \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} a serem usados no cálculo dos valores XYZ.....	50
Tabela 4.10 – Valores dos parâmetros $L^*a^*b^*$ e do índice de cor (IC) obtidos para o mamão M1.....	51
Tabela 4.11 – Valores médios de pH e °Brix para o primeiro exemplar de mamão	51
Tabela 4.12 – Valores de índice de cor, °Brix e pH nas diversas partes dos exemplares de mamão	52
Tabela 4.13 – Valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e polpa do mamão	53

Tabela 4.14 – Valores de tensão e refletância para primeira leitura do primeiro exemplar de goiaba (G1/1), em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada.....	64
Tabela 4.15 – Valores dos parâmetros $L^*a^*b^*$ e do índice de cor (IC) para a goiaba G1 ...	65
Tabela 4.16 – Valores médios de pH e °Brix para o exemplar de goiaba G1	66
Tabela 4.17 – Valores de índice de cor, °Brix e pH nas diversas partes dos exemplares de goiaba	66
Tabela 4.18 – Valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e da polpa, para cada goiaba	68
Tabela 4.19 – Valores de tensão e refletância para primeira leitura do primeiro exemplar de manga (MG1/1), em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada	77
Tabela 4.20 – Valores dos parâmetros $L^*a^*b^*$ e do índice de cor para a manga MG1	78
Tabela 4.21 – Valores médios de pH e °Brix para o primeiro exemplar de manga	79
Tabela 4.22 – Valores de índice de cor, °Brix e pH nas diversas partes dos exemplares de manga	79
Tabela 4.23 – Valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e polpa para cada manga.....	80
Tabela 4.24 – Valores transformados de índice de cor médios da casca de 10 mamões em função do tempo de armazenamento.....	90
Tabela 4.25 – Valores de penetração médios (mm) em 10 mamões, em função do tempo de armazenamento	91
Tabela 4.26 – Valores transformados de índice de cor médios da casca de 10 goiabas, em função do tempo de armazenamento.....	94
Tabela 4.27 – Valores de penetração médios (mm) em 10 goiabas, em função do tempo de armazenamento	95
Tabela 4.28 – Valores transformados de índice de cor médios da casca de 10 mangas, em função do tempo de armazenamento.....	97
Tabela 4.29 – Valores de penetração médios (mm) em 10 mangas, em função do tempo de armazenamento	99
Tabela A.1 – Equações obtidas a partir de ajuste linear aos dados experimentais da iluminância, em função da corrente elétrica para os LED's de cada cor.....	109
Tabela A.2 – Equações obtidas a partir de ajuste por equação quadrática aos dados experimentais da resposta do sensor, em função da iluminância calculada pela corrente sobre os LED's	110
Tabela A.3 – Tensão média de saída do sensor para as 30 amostras em pó, secas em estufa e para o magnésio prensado (V), e refletância calculada (%)	113

Tabela A.4 – Tensão média de saída do sensor para as 30 amostras em pó, secas em temperatura ambiente e para o magnésio prensado (V), e refletância calculada (%).....	115
Tabela B.1 – Valores de tensão e refletância para os exemplares de mamão, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada.....	119
Tabela B.2 – Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para o mamão.....	124
Tabela B.3 – Valores de tensão e refletância para os exemplares de goiaba, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada.....	126
Tabela B.4 – Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para a goiaba.....	131
Tabela B.5 – Valores de tensão e refletância para os exemplares de manga, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada.....	133
Tabela B.6 – Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para a manga.....	137
Tabela B.7 – Valores de índice de cor médios em função do tempo para o mamão.....	139
Tabela B.8 – Valores de índice de cor médios em função do tempo para a goiaba.....	139
Tabela B.9 – Valores de índice de cor médios em função do tempo de armazenamento para a manga.....	140

LISTA DE SÍMBOLOS

CIE – Comissão Internacional de Iluminação (*Comission Internationale d'Eclairage*);

$L^*a^*b^*$ – Espaço de cor proposto pela CIE;

CIELAB – mesmo que $L^*a^*b^*$;

L^* – atributo luminosidade do sistema de cor $L^*a^*b^*$;

a^* – atributo variável de verde a vermelho do sistema de cor $L^*a^*b^*$;

b^* – atributo variável de azul a amarelo do sistema de cor $L^*a^*b^*$;

L^*C^*h – espaço de cor adotado pela CIE cujos pontos são expressos em coordenadas cilíndricas;

C^* – atributo do sistema de cor L^*C^*h calculado a partir dos valores de a^* e b^* ;

XYZ – valores dos três estímulos calculados em função da refletância;

\overline{xyz} – valores dos três estímulos de igual energia do espectro eletromagnético;

xyz – coordenadas cromáticas calculadas em função de XYZ;

h – ângulo formado entre um vetor $L^*a^*b^*$ e a reta a^* ; coordenada do sistema L^*C^*h ;

h – da hipótese de Planck – é a constante que relaciona frequência e energia;

λ – comprimento de onda;

f – frequência;

c – velocidade da luz no vácuo;

E – energia;

m – massa;

RGB – vermelho (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*);

LED – diodo emissor de luz (*light emitting diode*);

LDR – resistor dependente de luz (*light-dependent resistor*);

E – vetor campo elétrico;

H – vetor campo magnético;

$S(\lambda)$ – potência relativa ao comprimento de onda λ do iluminante;

$R(\lambda)$ – refletância relativa ao comprimento de onda λ da amostra;

K – fator de normalização de cor.

RESUMO

Com o intuito de relacionar a cor de frutas ao estágio de maturação, objetivou-se construir um colorímetro de baixo custo, cujo princípio de funcionamento consiste em se determinar a refletância das amostras em relação a um padrão de branco e calcular as coordenadas do sistema de cor $L^*a^*b^*$ com uso das equações propostas pela CIE (*Comission Internationale d'Eclairage*). O aparelho foi construído em bloco compensado de madeira e tem, como fonte de iluminação, 21 LED's divididos em 7 grupos conforme a cor. O sensor tem resposta aproximada à do olho humano sendo ideal para aplicações em fotometria. O desempenho do instrumento foi comparado com um modelo comercial, do qual se obteve uma relação linear entre as coordenadas cromáticas dos dois equipamentos, para análises feitas em 60 amostras de pó colorido, indicando uma aferição válida. Foram feitas análises colorimétricas nas cascas e polpas de goiaba, mamão e manga. Dos valores $L^*a^*b^*$ encontrados, calcularam-se os índices de cor que foram relacionados com teor de sólidos solúveis totais (SST) e pH das frutas. Os resultados obtidos permitiram concluir que é possível estimar a maturação do mamão pela cor da casca, tendo-se encontrado uma relação precisa entre o índice de cor da casca e o SST, expressa em termos de uma equação de terceiro grau. Esta relação indica que o aumento no teor de sólidos solúveis totais se dá lentamente até toda a casca se apresentar uniformemente amarela quando, então, o incremento é acentuado até o início da senescência. Para goiaba e manga não existe relação entre os índices de cor da casca e os SST. Não há relação, também, entre os índices de cor das polpas de goiaba, mamão e manga com os SST. Para todas as frutas estudadas não há relação entre índice de cor da casca ou polpa com pH.

ABSTRACT

In order to match the color and ripening stages of fruits, a low cost colorimeter was constructed, whose operation principle consists of determining a sample reflectance respecting a White Standard and compute the coordinates of $L^*a^*b^*$ color space using the CIE (Comission Internationale d'Eclairage – International Illumination Commission) equations. The equipment was constructed with wood pressed, and operates with 21 LED's divided into 7 groups according to their color. The sensor is ideal to photometry applications because its responsivity is approximated to the human eye. The instrument performance was compared with the commercial model CR-10 and the linear relation of the chromatics coordinates was obtained for analysis on 60 colored samples, indicating a valid gauging. Color analysis on peel and pulps of guava, papaya and mango were made. The values found in the $L^*a^*b^*$ color spaces were used to calculate color indexes that were related to the soluble solids content (SSC) and pH. The results obtained permit to conclude that it is possible to estimate the ripening of papaya through the color peel, having found an accurate relation between color index of peel and SSC, expressed in terms of the third degree equation. This relation indicates that the increase on the soluble solids content is slow until all the peel becoming uniformly yellow, so that the increase is accentuated until the beginning of the degradation period. For the guava and mango there is not a relation between the color index of the peel and SSC. There is not a relation between color index of the guava, papaya and mango pulps with SSC. For all fruits studied there was not any relation between color index of the peel or pulp with pH.

1 – INTRODUÇÃO

A colorimetria é um princípio utilizado com frequência na avaliação de produtos agrícolas e alimentícios. Por meio da leitura de cor é possível acompanhar o efeito que os mais diversos processos têm sobre tais materiais, contribuindo para o controle das operações e a padronização de procedimentos. Dentre as vantagens da colorimetria podem ser citadas a análise não destrutiva, a possibilidade de leitura sem remoções da amostra e a possibilidade de se dispensar reagentes, vidrarias e outras.

A escolha de frutas é um procedimento subjetivo no qual o estágio de maturação é julgado pelo conhecimento prévio adquirido pelo consumidor. Para a compra de produtos agrícolas o consumidor leva em consideração principalmente aspectos visuais, seja para consumo *in natura* ou processamento. A cor é o primeiro atributo a ser examinado e, junto ao tamanho, forma e firmeza, confere à fruta qualidade ideal; na indústria não é diferente, porque o produto deve sair do campo no momento certo para que possua e mantenha os atributos de qualidade ideais para o processamento. Quando o objetivo é a exportação, o produto deve ser colhido em um momento preciso, conforme a distância e o tempo entre a colheita e o consumo, de forma a completar sua maturação no período de transporte e chegar ao destino detendo as qualidades exigidas pelo comprador.

Deste modo, o estágio de maturação no qual é vendido, é função do ponto ideal de colheita; e é, também, um parâmetro subjetivo, uma vez que depende de quem vai efetuarla, no caso de pequenos agricultores. Para grandes agricultores, na hora da colheita muitos parâmetros são avaliados a fim de predizer o momento mais adequado em que deve acontecer como, por exemplo: o tempo após florada, a textura, a acidez, o tamanho, a forma, o conteúdo de açúcar, a cor etc.

O uso corriqueiro de colorímetros comerciais em unidades produtivas agrícolas tem como impedimento o custo relativamente elevado de tais equipamentos para produtores, agroindústrias e laboratórios de pequeno porte. A disponibilidade de colorímetros de baixo custo possibilitaria a utilização da análise de cor como meio de avaliação rotineira de diversas matérias-primas sob condições variadas, como degradações causadas por efeito de tempo de armazenamento, alterações provocadas por aquecimentos, luminosidade, efeitos do frio, além de determinação instrumental de estágio de maturação em frutas. Nesta última aplicação, a determinação do ponto de colheita ou da utilização do material para a elaboração de outros produtos, seguiria um padrão invariável e isento das falhas comuns às avaliações dependentes de critérios subjetivos.

1.1 – Objetivo geral

- Construção e avaliação do desempenho de um colorímetro para produtos agrícolas.

1.1.1 – Objetivos específicos

- Construção de um colorímetro de baixo custo;
- Calibração e testes em amostras coloridas artificialmente;
- Comparação dos resultados obtidos com o colorímetro construído e com o colorímetro comercial das amostras coloridas artificialmente;
- Avaliação de cor em exemplares de mamão, goiaba e manga em diferentes estádios de maturação.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Características dos frutos

2.1.1 – Goiaba

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma baga de tamanho e forma variável podendo alcançar 100 mm de comprimento, geralmente piriforme, arredondada ou ovóide, cuja polpa pode ser branca, rosa ou vermelha e suavemente perfumada; no centro do fruto as sementes são numerosas, pequenas, duras e esbranquiçadas (GOMES, 1972).

Segundo CARVALHO (1994) a goiaba se destaca por sua excelente qualidade: elevado valor nutritivo (fonte de vitamina C), sabor e aroma característicos, alto rendimento em polpa de elevada qualidade industrial, textura firme (o que representa maior resistência) e coloração uniforme.

De acordo com CHITARRA (1996), no período de 90 a 135 dias após a florada, as principais transformações químicas se iniciam na polpa. Há aumento nos teores de sólidos solúveis totais (SST), nas concentrações de frutose, glicose e sacarose, no teor de vitamina C, nos pigmentos da casca e da polpa e na solubilização da pectina, com redução da firmeza. Ao mesmo tempo, ocorre diminuição nos teores de ácidos orgânicos, na fração de fibra e nos taninos, responsáveis pela adstringência. O ponto ideal para a colheita é estimado com base em diversas análises como, por exemplo, o tamanho do fruto e cor da casca (método subjetivo) e também pela análise do teor de sólidos solúveis totais, que deve estar entre 9 e 10% no período de 75 a 135 dias após florada.

AZZOLINI (2002), quando estudou a qualidade pós-colheita de goiabas da variedade Pedro Sato, em três estádios de maturação obteve, como resultado, no momento da colheita, utilizando o espaço de cor L^*C^*h , valores médios do parâmetro h , iguais a $119,17^\circ$, $115,03^\circ$ e $110,89^\circ$ para os estádios 1 (casca com coloração verde-escuro), 2 (casca com coloração verde-claro) e 3 (casca com coloração verde-amarelo), respectivamente. Para o teor de sólidos solúveis totais encontrou valores médios de 6,0, 7,3 e 7,6 °Brix para os estádios 1, 2 e 3, respectivamente, concluindo que o estágio de maturação na colheita das goiabas influencia, de forma significativa, a qualidade após o armazenamento.

CAVALINI (2004), quando estudou os índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas das variedades Kumagai e Paluma, notou que o teor de sólidos solúveis não apresentou diferenças significativas para 5 estádios de maturação

escolhidos segundo a cor da casca. Os valores desta variável permaneceram entre 7,55 e 8,33 °Brix. Quanto à cor da casca, o ângulo h variou entre 89,76 e 114,42°.

2.1.2 – Mamão

O mamão (*Carica papaya* L.) apresenta padrão respiratório climatérico podendo sua maturação ser completada entre 4 e 6 meses após a abertura da flor, dependendo da variedade. Para exportação, a colheita se dá antes da maturação completa, quando a casca muda a coloração de verde-escuro para verde-claro. Os frutos da variedade Sunrise Solo (mamão Havai), possuem tamanho pequeno, peso médio entre 425 a 625 g, forma variando de piriforme a ovalada, casca lisa e firme, polpa vermelho-alaranjado de boa qualidade e cavidade interna estrelada. É uma boa fonte de cálcio e excelente fonte de provitamina A e vitamina C (OLIVEIRA *et al.*, 1994).

Segundo OLIVEIRA *et al.* (2002) o mamão tem por característica a mudança gradual e não uniforme na cor da casca de verde para amarela formando, inicialmente, estrias amarelas partindo da região estilar, para inserção peduncular do fruto. Ao caracterizarem frutos para exportação pelo sistema de cor *Hunter Lab*, segundo classificação específica do estágio de maturação, os autores obtiveram valores médios para o atributo de cor **L** variáveis entre 54,54 e 64,20, para o atributo **a** variáveis entre -4,65 e 6,25 e para o atributo **b**, valores médios entre 24,82 e 32,19. Esses pesquisadores concluíram que instrumentos e equipamentos destinados a automatizar um processo de seleção mecânica do papaia “Golden”, podem ser usados para classificar tal fruto.

HONORIO (1982) encontrou, ao trabalhar com mamão, valores de pH variáveis entre 4,7 e 5,45 para a variedade Solo em até 30 dias após a colheita e conservados a temperatura ambiente; quanto ao teor de sólidos solúveis totais, os valores foram variáveis entre 8,17 e 10,86 °Brix, concluindo que o pH tem ligeiro decréscimo com o avanço do estágio de maturação, enquanto os sólidos solúveis tendem a aumentar.

2.1.3 – Manga

De acordo com BOTREL (1994) a forma das mangas pode apresentar grandes variações, principalmente entre cultivares, e exerce influência no seu valor comercial. Entre os critérios adotados para o julgamento de variedades comerciais, a coloração da casca tem grande relevância. Os açúcares se apresentam principalmente sob a forma de sacarose,

glicose e frutose e o pH varia entre 3,0 a 4,7. A manga constitui fonte razoável de vitamina C, apresentando teores que variam de 5 a 178 mg/100g de polpa. Vários critérios têm sido sugeridos para determinar a maturidade da manga, com base no aspecto aparência e na composição química do fruto na época da colheita, porém esses índices variam consideravelmente, dependendo do local de cultivo, cultivares e condições climáticas do ano de crescimento. Quando os frutos são colhidos muito verdes, não amadurecem, enrugam e apresentam abundante exsudação de seiva, enquanto os frutos colhidos muito maduros deterioram rapidamente e não podem ser armazenados e/ou comercializados em locais distantes. O melhor ponto de colheita é aquele em que os frutos estão completamente desenvolvidos mas ainda não atingiram a completa maturação.

BERNARDES-SILVA *et al.* (2003) estudaram a evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga, observando que os teores de glicose, frutose e sacarose das cultivares se situaram numa faixa entre 7,29 e 12,75%.

2.2 – Maturação de frutos

No seu desenvolvimento, os frutos e hortaliças passam por uma série de transformações resultantes do metabolismo que se refletem em várias mudanças nas suas características. A maturidade para a colheita pode ser indicada por meios físicos ou visuais, análises químicas, computação dos dias pós-florada e fatores fisiológicos. O requerimento básico é a previsão de uma medida que possa ser feita antes, mas que seja altamente correlacionada com a data de maturação adequada para a colheita. O estágio de maturação no qual o fruto é colhido será decisivo para sua qualidade, quer seja para consumo *in natura* ou para a industrialização (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Segundo Kays, citado por OLIVEIRA *et al.* (2002), os estádios de maturação, o ponto de colheita e de consumo em diversas frutas, são definidos pela cor da casca.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) a maturação dos frutos pode ser definida como a seqüência de mudanças na cor, aroma, sabor e textura, conduzindo a um estado que os torna comestíveis. É uma das etapas do ciclo vital dos frutos, que se inicia, em geral, antes que o crescimento termine e inclui diferentes alterações que variam de acordo com o tipo de fruto. Depois de expressivo aumento de volume em que o consumo não é adequado, o fruto atinge o ápice de crescimento e qualidade, de forma que

as próximas alterações são de natureza química e acontecem de maneira irreversível. As principais mudanças que ocorrem durante a maturação, são:

- Desenvolvimento das sementes;
- Mudanças na cor;
- Mudança na taxa respiratória;
- Produção de etileno;
- Mudanças na permeabilidade dos tecidos;
- Mudanças na textura;
- Mudanças químicas nos carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, fenólicos, pigmentos, pectinas, etc.;
- Produção de substâncias voláteis e,
- Formação de cca na casca.

O amadurecimento do fruto, última etapa do seu desenvolvimento, é o estágio no qual o fruto, completamente maduro, se torna mais palatável, com desenvolvimento de sabores e odores específicos e aumento da doçura e da acidez. O amaciamento do fruto ocorre e é usualmente acompanhado por mudança na coloração – a clorofila decresce nos cloroplastos, enquanto os pigmentos carotenóides e antocianinas se desenvolvem (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A coloração dos frutos é um importante atributo de qualidade, não só por contribuir para uma boa aparência mas, também, por influenciar a preferência do consumidor. Durante o amadurecimento, a maioria dos frutos sofre alterações na cor, principalmente na casca e, desta forma, a cor se torna um atributo significativo na determinação do estágio de maturação (CAVALINI, 2004).

2.3 – Cor de materiais biológicos

A aparência externa de frutas, particularmente sua cor, é de importância primordial quando se consideram atributos diferentes que definem qualidade. Para consumo *in natura*, uma impressão visual que não coincide com o padrão estabelecido facilmente conduz as frutas para recusa (GUEVARA & GONZÁLEZ, 1996).

Diversos trabalhos de pesquisa se baseiam no estudo da cor: LIMA *et al.* (2002), estudaram as características físicas e químicas dos frutos do umbu-cajazeira em cinco

estádios de maturação diferenciados pela cor do fruto e comprovaram a relação entre a cor e as condições adequadas à comercialização, armazenamento e consumo. LOPES *et al.* (2000) estudaram os efeitos da luz branca e de seus diferentes comprimentos de onda, na qualidade (cor e bebida) do café beneficiado durante o armazenamento, concluindo que os comprimentos de onda na faixa do violeta-azul são os principais responsáveis pela depreciação da qualidade do café beneficiado. ALMEIDA (1995) estudou o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação do tomate avaliando sua firmeza e cor, concluindo ser a cor a grandeza mais adequada para estabelecer a sua maturação.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990) as modificações na coloração dos frutos com a maturação são devidas tanto a processos degenerativos como a processos sintéticos – correspondem a um dos principais critérios de julgamento para identificação do amadurecimento de frutos e hortaliças, varia intensamente com as espécies e mesmo entre cultivares. As mudanças de coloração durante o amadurecimento são correlacionadas, pelo consumidor, com o aumento da doçura e com o desenvolvimento de outros atributos desejáveis.

Quase todos os pigmentos vegetais possuem estruturas complexas e diferentes grupos funcionais nas suas moléculas. Em alguns casos, sua cor ou tonalidade variará com o pH do meio ou presença de cátions; outros, além da cor, afetam o sabor do alimento e, às vezes, possuem efeitos sobre a nutrição como, por exemplo, o gossipol (encontrado em sementes de algodão) que é tóxico, e a riboflavina, importante componente das vitaminas do grupo B (BOBBIO & BOBBIO, 1984).

Conforme CHITARRA & CHITARRA (1990) três tipos principais de pigmentos ocorrem nos produtos vegetais: clorofila, carotenóides e antocianinas; em alguns também ocorrem antoxantinas. A clorofila é abundante nos produtos de cor verde, sobretudo em folhas e frutos jovens. A perda de cor verde se deve à decomposição estrutural desse pigmento em decorrência das transformações no pH, causados principalmente pelo acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos, nos vacúolos; ativação da enzima clorofilase e presença de sistemas antioxidantes. Os carotenóides são, em geral, pigmentos de cor amarela a vermelha, predominantes, por exemplo, em frutos cítricos, manga, mamão e abacaxi e se encontram como carotenos ou ésteres de xantofila; esses pigmentos podem já estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados, com a degradação desta; sua quantidade e tipo influenciam diretamente na intensidade da cor. As antocianinas, assim como as antoxantinas, se acham na forma de

glicosídeos presentes na seiva vacuolar ou nas camadas superficiais da epiderme e são responsáveis pela tonalidade forte ocultando, geralmente, a clorofila e os carotenóides. As antoxantinas são responsáveis pelo escurecimento dos tecidos.

Segundo BOBBIO & BOBBIO (1984) a mudança de cor da clorofila se deve à perda de um íon de magnésio quando há desnaturação das proteínas que a protegem devido ao aquecimento, cuja mudança é notada em vegetais quando a cor passa para verde-castanho. O calor também altera a tonalidade das antocianinas, podendo até perder sua cor, enquanto as antoxantinas são resistentes.

2.4 – Física da cor

A cor é uma sensação provocada quando há interação de três fatores: fonte luminosa, objeto e sensor ótico. Uma fonte luminosa é uma fonte de radiação de energia, um objeto é uma forma de matéria cujas propriedades influenciam na transferência de energia entre a fonte e o sensor, e um sensor ótico é um instrumento de transformação no qual uma forma de energia altera suas características permitindo-se, assim, interpretá-la.

2.4.1 – Fonte luminosa

A radiação se origina pela emissão de matéria e seu transporte não exige a presença de qualquer meio material. Duas teorias explicam a natureza desse transporte: o modelo ondulatório no qual o transporte se dá pela propagação de ondas eletromagnéticas, e o modelo corpuscular, que estabelece o transporte de energia em quantidades fixas, pulsantes, denominadas fótons. De qualquer forma, se atribuem à radiação as propriedades típicas de uma onda – frequência e comprimento de onda (BIRD *et al.*, 1960; NOVO, 1993; INCROPERA & DeWITT, 1992).

Certos fenômenos, como a propagação de energia e a reflexão, são mais bem explicados quando se trata a energia radiante como uma onda; outros, como a absorção e a emissão de energia, têm melhor entendimento quando se considera a energia transportada como fótons (NOVO, 1993).

Pode-se mostrar, a partir das equações de Maxwell, que uma onda eletromagnética é formada por um campo elétrico **E** e um campo magnético **H**, perpendiculares entre si e variáveis no tempo cujo comprimento de onda λ se relaciona com a frequência de oscilação f (Equação 2.1).

$$\lambda \cdot f = c \quad (2.1)$$

em que:

λ – comprimento de onda;

f – frequência;

c – velocidade da luz ($c \cong 3 \cdot 10^8$ m/s).

Uma idéia da maneira como os campos elétrico E e magnético H variam no espaço, pode ser obtida da Figura 2.1.

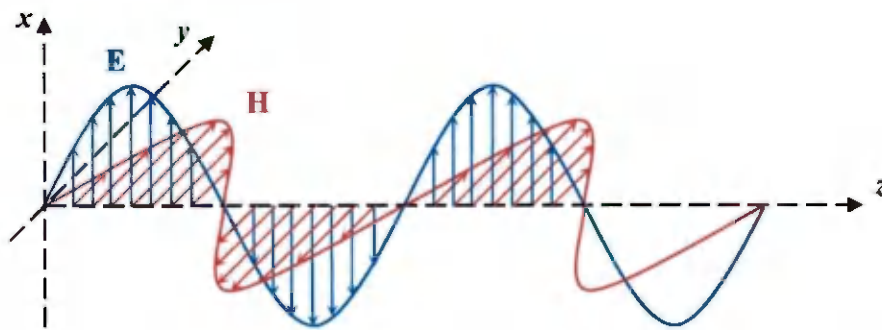


Figura 2.1 – Comportamento no espaço dos campos elétrico e magnético (Fonte: adaptado de HAYT JR., 1983)

De Broglie (1924) citado por EISBERG (1979) sugeriu, baseando-se na demonstração de Einstein e na hipótese quântica de Planck sobre energia, a dualidade partícula-onda da radiação, haja vista que a massa (m) é uma propriedade de partícula enquanto o comprimento de onda (λ) é uma propriedade de ondas (Equações 2.2 e 2.3):

$$E = m \cdot c^2 \quad (\text{equação proposta por Einstein}) \quad (2.2)$$

$$E = h \cdot f \quad (\text{hipótese de Planck}) \quad (2.3)$$

em que:

E – energia;

m – massa;

h – constante de Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s);

f – frequência com que os fótons são emitidos.

De Broglie sugeriu então a Equação 2.4:

$$m.c = h \frac{f}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (2.4)$$

Sendo o comprimento de onda inversamente proporcional à frequência, o conjunto dos vários comprimentos de onda em função da frequência recebe o nome de espectro eletromagnético. O espectro eletromagnético de uma fonte de radiação como o sol, pode ser visto na Figura 2.2.

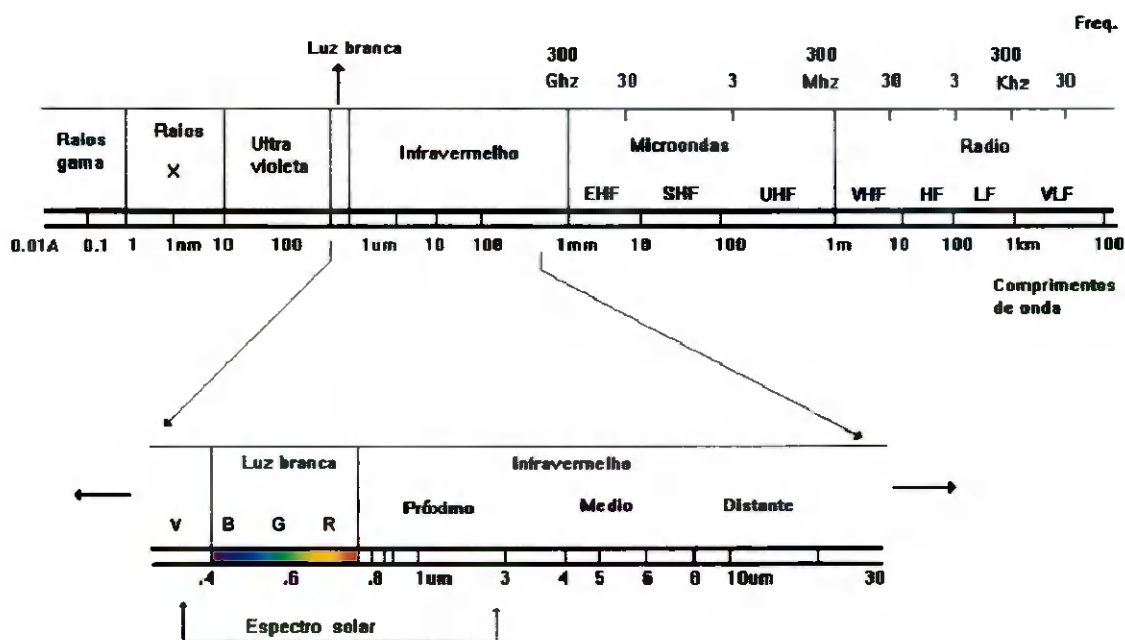


Figura 2.2 – Espectro eletromagnético (Fonte: adaptado de NOVO, 1993)

Vê-se, na Figura 2.2, a porção visível – uma pequena faixa de comprimentos de onda limitada pelas regiões do ultravioleta e infravermelho, correspondente aos comprimentos de onda variáveis entre 380 e 720 nm ($1 \text{ nm} = 1.10^{-9} \text{ m}$). Neste intervalo, os vários comprimentos de onda são associados à cor da luz (BIRD *et al.*, 1960). Não existe consenso entre diversos autores sobre a divisão do espectro por cor e comprimento de onda, mas na Tabela 2.1 se pode observar essa divisão em faixas aproximadas do espectro por cor, comprimento de onda e frequência.

Tabela 2.1 – Divisão do espectro eletromagnético segundo cada cor, comprimento de onda (λ) e frequência (f)

Cor	$\lambda_{\text{min.}}$ (nm)	$\lambda_{\text{máx.}}$ (nm)	$f_{\text{min.}}$ (THz)	$f_{\text{máx.}}$ (THz)
Violeta	390	430	769	697
Índigo	440	450	681	666
Azul	460	480	652	625
Verde	490	530	612	566
Amarelo	550	580	545	517
Laranja	590	640	508	468
Vermelho	650	720	461	416

Fonte: ITTEN (1970); NOVO (1993)

A radiação emitida por uma fonte é constituída por uma distribuição contínua, não-uniforme, de componentes monocromáticos, dependentes da natureza e temperatura da superfície emissora (INCROPERA & DeWITT, 1992). Um gráfico, que mostre a emissão de potência de uma fonte em função do comprimento de onda, é chamado curva de distribuição espectral de potência relativa. A Figura 2.3 ilustra a distribuição de duas fontes emissoras: iluminante A e iluminante D₆₅. Uma curva espectral mostra a intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda e dá a especificação completa para a cor, em termos físicos (RANGANNA, 1978).

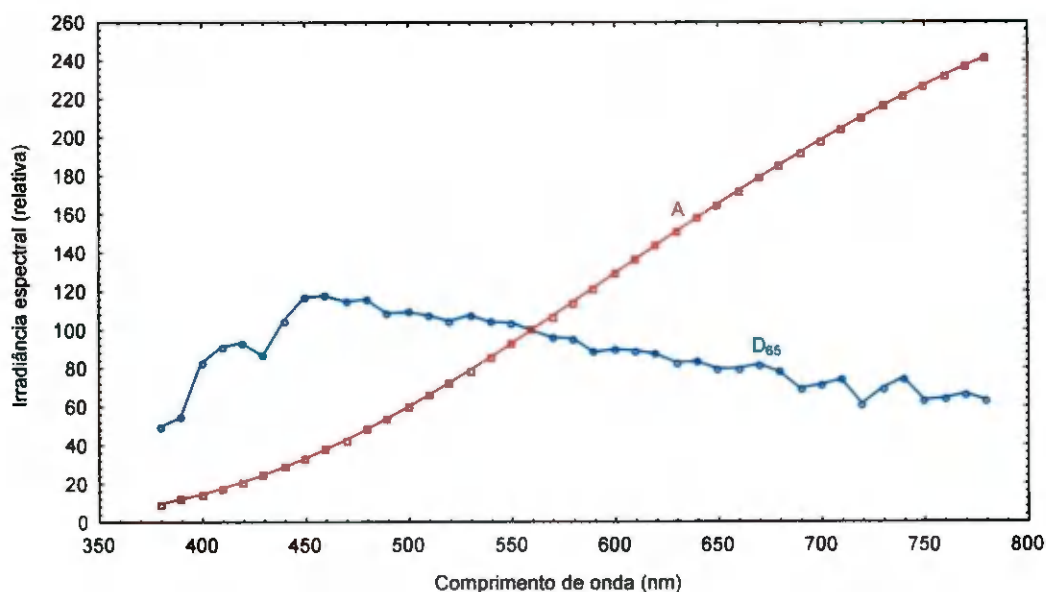


Figura 2.3 – Distribuição espectral de potência relativa dos iluminantes A e D₆₅ (Fonte: EYNARD, 1973)

2.4.2 – Interação energia-matéria

Tendo a energia radiante natureza elétrica e magnética, o resultado da interação dessa energia com a matéria é função das características elétricas e magnéticas desta última (NOVO, 1993). Ao se estudar a influência de uma onda eletromagnética na interface de duas regiões compostas de materiais diferentes, da interação energia-matéria resulta que, para conservação da energia deve haver, além de uma onda incidente, uma onda transmitida e outra refletida; e mais: como a energia é conservada, a soma das potências médias das ondas transmitida e refletida é igual à potência média da onda incidente (HAYT JR., 1983).

Quando um objeto é iluminado por uma fonte de radiação, dependendo de suas características refletirá mais ou menos energia de acordo com o comprimento de onda associado; assim, a refletância – razão entre a energia refletida do objeto e a energia incidente, descreve precisamente o comportamento do objeto no espectro visível, uma vez que dá a porcentagem da energia incidente que será refletida e seu gráfico é chamado resposta espectral do objeto. Um exemplo para isso pode ser observado na Figura 2.4 para três materiais diferentes: um azulejo, um calçado de borracha e uma peça plástica.

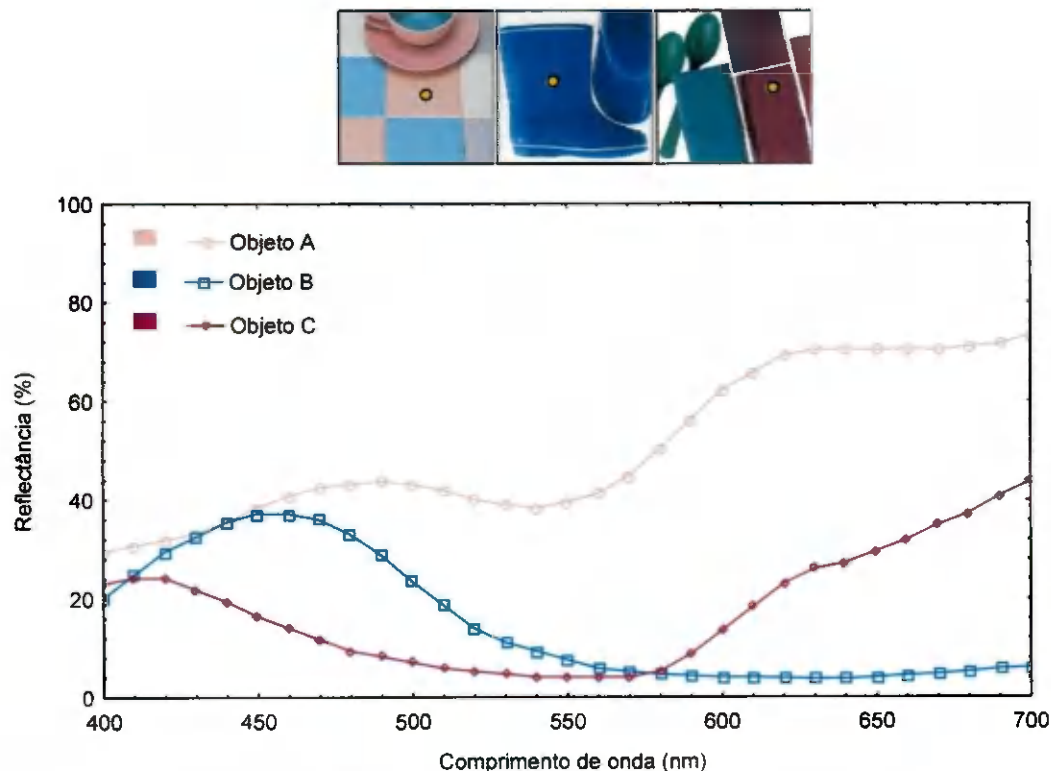


Figura 2.4 – Resposta espectral para três materiais distintos (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998)

Em sua respectiva curva espectral, um objeto de cor clara terá altos valores de refletância e, quanto menor o intervalo de comprimentos de onda abrangido pela curva de refletância, mais intensa é a sua respectiva cor.

2.4.3 – Sensor ótico

O sensor ótico é uma ferramenta fotossensível versátil para detecção de energia radiante ou luz; sua sensibilidade excede a do olho humano no espectro operando até mesmo dentro da região do ultravioleta e infravermelho (COOPER, 1978). A energia proveniente da fonte de radiação ou do objeto provoca alterações de suas características, que podem ser medidas por grandezas elétricas que, ao serem interpretadas apresentam, como resultado, por exemplo, a sensação de cor.

O olho humano é um sensor que opera dentro da porção visível; sua sensibilidade não é igual para todos os comprimentos de onda do espectro, visto que reage diferentemente ao estímulo das cores primárias (vermelho, verde e azul) e à luminosidade, o que se explica pela ocorrência de somente quatro tipos de células sensoriais responsáveis pela captação da energia luminosa e transformação em impulsos elétricos que são enviados ao cérebro: os cones, três tipos, sensíveis ao vermelho, verde e azul, e os bastonetes, um tipo, sensíveis à claridade. Ao receber os estímulos provenientes dos quatro tipos de células, o cérebro faz a conversão necessária ao entendimento da cor de um material (MOREIRA, 1982; FRANCIS, 1987).

Em vista dessa variação, a CIE (Comissão Internacional de Iluminação) padronizou, em 1931, a resposta do olho humano em três curvas espectrais denominadas valores *tristímulus*; essas curvas possuem na sua ordenada, valores arbitrários tais que as áreas delimitadas por elas sejam iguais (MOREIRA, 1982). A curva de variação de \bar{y} é a curva de eficiência visual determinada pelo CIE em 1924, a partir de medidas realizadas em uma amostra de indivíduos sob condições controladas (NOVO, 1993). Na Figura 2.5, pode-se observar os valores padronizados pela CIE para o olho humano, em função do comprimento de onda.

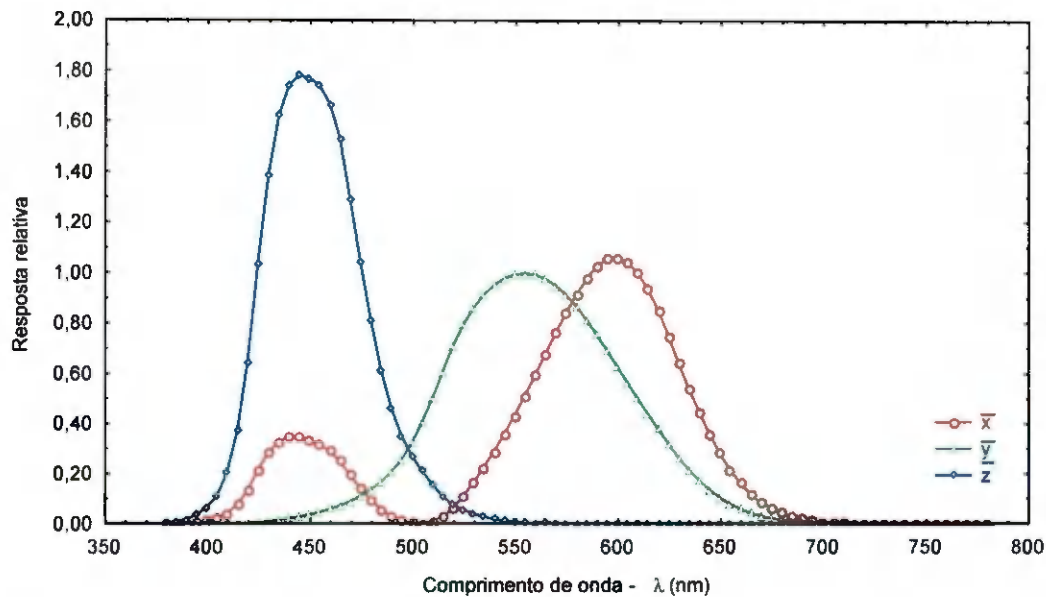


Figura 2.5 – Resposta do olho humano ao espectro de cores padronizada pela CIE (Fonte: adaptado de MOREIRA, 1982)

As células fotoelétricas são dispositivos que permitem a transformação das variações de fluxo luminoso em variações de grandezas elétricas cujo funcionamento se baseia em três princípios básicos: fotoemissão, efeito fotovoltaico e fotocondução (MOREIRA, 1982). Dos que se utilizam do princípio da fotocondução, destacam-se os LDR (resistor dependente de luz), os fotodiodos e os fototransistores, cada um com sua característica particular. Células fotocondutivas são elementos cuja condutividade é função da radiação eletromagnética incidente e a tensão ou corrente elétrica de saída desses elementos é proporcional à quantidade de luz incidente (COOPER, 1978). Assim como o olho humano, esses dispositivos também são limitados a uma faixa de comprimento de onda e sua utilização depende, em geral, da velocidade de resposta e da abrangência de sua resposta espectral.

2.5 – Sistemas de classificação de cor

A classificação de cor pode ser feita por vários métodos; no caso de alimentos, o mais utilizado é o subjetivo, em que o consumidor se baseia na sua própria interpretação. Outro método bastante empregado é o comparativo, baseado no qual uma cor é comparada, sob condições controladas, com um padrão. Enfim, o método direto, bem menos empregado, em que a cor é classificada com base nos fenômenos físicos que ocorrem na

interação energia-matéria; esta classificação, por sua vez, se dá com uso de equipamentos específicos. Os sistemas de classificação de cor não subjetivos procuram localizar as cores espacialmente segundo um sistema de coordenadas qualquer, em geral retangular ou polar; dentre os vários existentes, cada um tem sua particularidade (MINOLTA, 1998; MOREIRA, 1982), donde:

2.5.1 – Sistema de cor de Munsell

É um sistema comparativo de classificação de cores cuja amostra é comparada sob condições controladas de iluminação com padrões preestabelecidos. O sistema de Munsell tem formato cilíndrico, conforme a Figura 2.6; é formado por três atributos: o matiz (dividido em vermelho, amarelo, verde, azul e púrpura e suas subdivisões), o brilho (variando de 0 a 10, longitudinalmente) e a saturação (variando radialmente, em cujo centro se tem ausência de cor e nas extremidades valor máximo desse atributo). Assim, uma cor no sistema de Munsell é escrita como H V/C (5Y 4/10 indica cor amarela – matiz 5Y, com valor 4 para o brilho e 10 para a saturação).

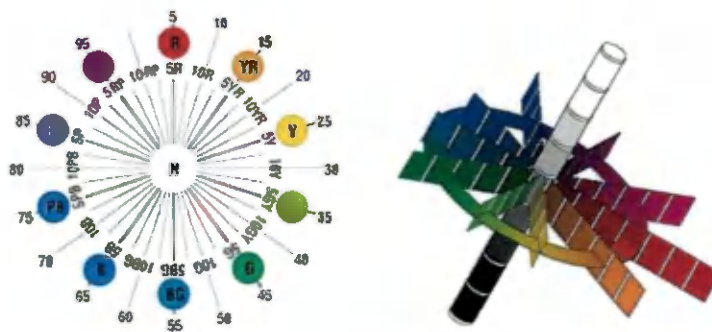


Figura 2.6 – Representação gráfica do sistema de Munsell (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998)

2.5.2 – Sistema CIE – XYZ *tristimulus* e espaço de cor Yxy

É um sistema obtido diretamente da leitura da refletância de um objeto com uso de instrumentos apropriados, cujo funcionamento se baseia nas interações que ocorrem entre uma fonte luminosa, um objeto e um sensor. O conceito dos valores XYZ *tristimulus* é baseado na teoria dos três componentes de cor da visão humana, a qual é estabelecida no

fato de que o olho possui receptores para as três cores primárias e que todas as outras cores são obtidas mediante a mistura delas (MINOLTA, 1994; MOREIRA, 1982). A partir da definição do observador padrão (Figura 2.5), os valores XYZ são obtidos pelas Equações 2.5, 2.6 e 2.7:

$$X = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (2.5)$$

$$Y = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (2.6)$$

$$Z = K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad (2.7)$$

em que:

$$K = \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad (2.8)$$

donde:

$S(\lambda)$ – distribuição espectral de potência relativa do iluminante;

$R(\lambda)$ – refletância espectral do objeto;

λ – comprimento de onda da região visível do espectro eletromagnético (de 380 a 780 nm);

K – fator de normalização de cor em função da componente \bar{y} ;

\bar{x} , \bar{y} e \bar{z} – valores *tristimulus* de igual energia do espectro em função de λ para um observador padrão, conforme Figura 2.5.

Apesar de sua utilidade, o sistema XYZ *tristimulus* é de difícil visualização; assim, o CIE criou o espaço de cor Yxy, que se caracteriza por ser independente do brilho Y e dependente apenas das coordenadas cromáticas x e y (RANGANNA, 1978), representadas na Figura 2.7 e que podem ser calculadas a partir das Equações 2.9, 2.10 e 2.11:

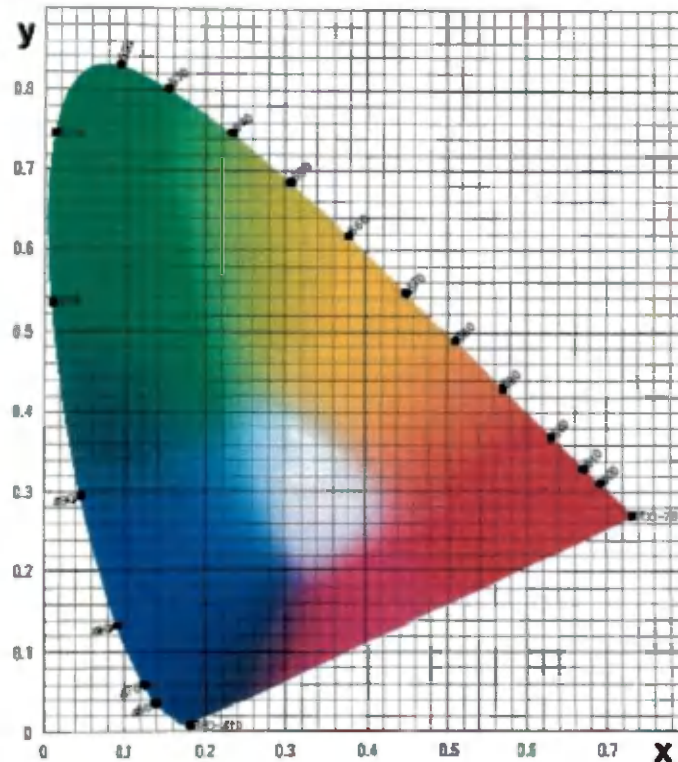


Figura 2.7 – Representação gráfica do sistema Yxy (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998)

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (2.9)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (2.10)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - X - Y \quad (2.11)$$

2.5.3 – Sistema CIE – espaço de cor L*a*b* ou CIELAB

O sistema de cor L*a*b* é, hoje, amplamente usado. Neste sistema, L* representa o brilho variando de 0 a 100% de uma superfície difusora padrão e a* e b* representam as coordenadas do diagrama cromático deste sistema. No diagrama a* e b* indicam a direção da cor variando de verde (-a) a vermelho (+a) e de azul (-b) a amarelo (+b). Como no sistema de Munsell, o centro do diagrama L*a*b* é acromático (MINOLTA, 1998). Pode-se observar, na Figura 2.8, a representação esquemática do sistema CIELAB.

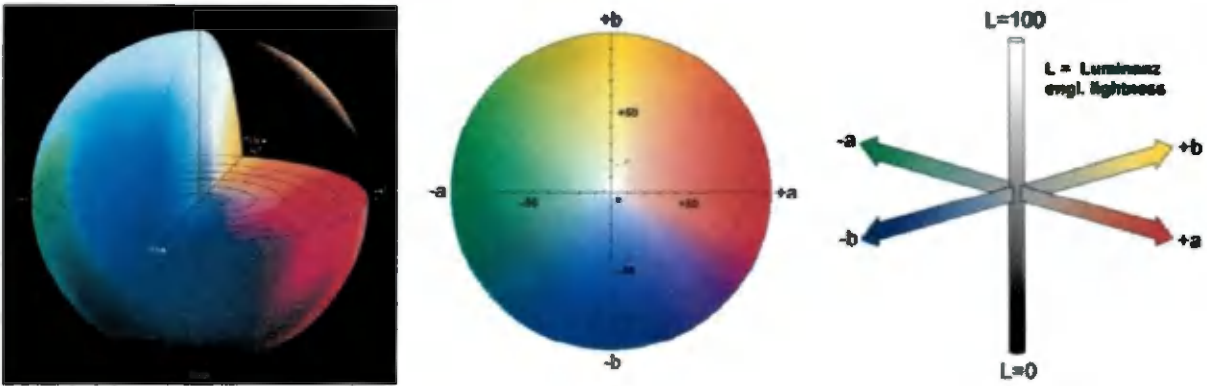


Figura 2.8 – Representação gráfica do sistema L*a*b* (Fonte: adaptado de MINOLTA, 1998)

As componentes do espaço de cor L*a*b* podem ser obtidas com uso das Equações 2.12, 2.13 e 2.14:

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \quad (2.12)$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right] \quad (2.13)$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right] \quad (2.14)$$

donde:

X, Y e Z – valores *tristimulus* da amostra;

X_n, Y_n e Z_n – valores *tristimulus* de uma superfície difusora perfeita.

Para essas equações devem-se ter valores X/X_n, Y/Y_n e Z/Z_n maiores que 0,008856; caso contrário, as referidas expressões devem ser substituídas, como segue:

$$\left(\frac{X}{X_n} \right)^{1/3} \text{ por } 7,787 \left(\frac{X}{X_n} \right) + \frac{16}{116} \quad (2.15)$$

$$\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \text{ por } 7,787 \left(\frac{Y}{Y_n} \right) + \frac{16}{116} \quad (2.16)$$

$$\left(\frac{Z}{Z_n}\right)^{1/3} \text{ por } 7,787\left(\frac{Z}{Z_n}\right) + \frac{16}{116} \quad (2.17)$$

A Equação 2.18 pode ser usada para calcular a diferença de cor entre dois produtos a e b .

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2.18)$$

em que:

ΔL^* , Δa^* , Δb^* , são obtidos da diferença entre cada um dos atributos L^* , a^* e b^* dos dois materiais.

2.5.4 – Sistema L*C*h

Este é um sistema muito usado e consiste na representação, em coordenadas cilíndricas, do sistema de cor $L^*a^*b^*$. O atributo L^* é o mesmo (brilho), o atributo C^* é chamado *chroma*, expressa a saturação e é medido a partir do centro do diagrama e o atributo h é conhecido como ângulo *hue* (matiz) medido a partir do eixo $+a^*$ no sentido anti-horário (MINOLTA, 1998). Os atributos C^* e h são expressos pelas Equações 2.19 e 2.20:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2.19)$$

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2.20)$$

2.5.5 – Sistema Hunter Lab

Este sistema, semelhantemente ao sistema $L^*a^*b^*$, é também muito usado. Foi desenvolvido por R. S. Hunter em 1948 e se caracteriza por ser mais uniforme; difere do primeiro pelas Equações 2.21, 2.22 e 2.23 (MINOLTA 1998):

$$L = \sqrt{\frac{Y}{Y_0}} \quad (2.21)$$

$$a = 175 \sqrt{\frac{0,0102 X_0}{\left(\frac{Y}{Y_0}\right)}} \left[\left(\frac{X}{X_0}\right) - \left(\frac{Y}{Y_0}\right) \right] \quad (2.22)$$

$$b = 70 \sqrt{\frac{0,00847 Z_0}{\left(\frac{Y}{Y_0}\right)}} \left[\left(\frac{Y}{Y_0}\right) - \left(\frac{Z}{Z_0}\right) \right] \quad (2.23)$$

donde:

X, Y e Z são os valores *tristimulus* da amostra;

X₀, Y₀ e Z₀ são os valores *tristimulus* de uma superfície difusora perfeita.

2.6 – Instrumentos de medição de cor

A análise de cor é feita de diversos modos, dentre os quais se destacam o método subjetivo (avaliação sensorial) e o uso de aparelhos, tais como colorímetros e espectrofotômetros, estes de diversas marcas, padrões e precisões.

Os colorímetros são instrumentos que medem intensidade radiante semelhantemente ao olho humano; esses equipamentos são providos por uma fonte luminosa padrão, iluminante D₆₅, A, C, F₇ etc., conforme o modelo, e três sensores dotados de filtros cuja resposta espectral seja semelhante aos valores *tristimulus* para um observador padrão (Figura 2.5). Os espectrofotômetros diferem dos colorímetros em virtude de possuírem um número de sensores bem maior; com eles, é possível obter uma curva de resposta espectral dos objetos, além das medidas nos sistemas de cor convencionais.

Assim como o olho humano, os colorímetros respondem de forma integrada à radiação no espectro visível, ou seja, não difere a intensidade para determinado comprimento de onda, enquanto os espectrofotômetros permitem obter a resposta espectral de um objeto variando constantemente o intervalo de comprimento de onda.

Alguns autores procuram minimizar o custo da análise colorimétrica buscando alternativas na determinação de cor dos materiais.

OLIVEIRA *et al.* (2003) avaliaram a cor de sobremesas lácteas de chocolate utilizando câmera fotográfica digital e compararam os dados obtidos com os resultados utilizando o colorímetro Minolta CR-10; e concluíram que, apesar dos valores numéricos absolutos serem diferenciados, as duas metodologias permitem conclusões semelhantes sobre as amostras. A metodologia empregada consistia em se obter fotografias digitais das amostras e convertê-las, usando-se programas computacionais, em valores médios RGB e, posteriormente, para o sistema CIELAB.

FOGAGNOLI (2000) desenvolveu uma técnica de baixo custo para análise dos atributos da cor com uso de processamento digital de imagens, em que a metodologia consistiu em comparar os resultados obtidos pela digitalização da imagem da amostra diretamente com scanner e com uso de uma câmera fotográfica; concluiu, então, que tal metodologia é eficiente para classificação de estádios nutricionais de plantas e pode ser usada para classificação e seleção de produtos agrícolas de modo geral.

SUZUKI *et al.* (2004) utilizaram um colorímetro portátil construído com três diodos emissores de luz (LED) RGB e dois fotodiodos para determinação de nitritos e ferro em águas de rios *in loco*, concluindo que tal dispositivo pode ser uma alternativa barata para esse tipo de determinação. A metodologia empregada consistiu em determinar a absorbância de amostras com o colorímetro construído e comparação com resultados obtidos com uso de um espectrofotômetro (Shimadzu UV-200S) e espectrômetro de absorção (FAAS, Hitachi 180-30).

3 – MATERIAL E MÉTODOS

A etapa experimental foi desenvolvida no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande e na Unidade de Pesquisa e Demonstração em Alimentos do Centro de Formação de Tecnólogos da Universidade Federal da Paraíba, em Bananeiras, Paraíba.

Construiu-se o protótipo de colorímetro utilizando-se 21 diodos emissores de luz (LED) com sete características espectrais diferentes (três diodos para cada cor) e um fotodiodo cuja resposta espectral está situada em todo o espectro visível. O protótipo foi usado na determinação das cores de 60 amostras coloridas artificialmente. Leituras de cor das mesmas amostras foram realizadas com um colorímetro comercial, da marca Minolta, modelo CR-10 e se compararam os resultados obtidos com ambos os instrumentos.

Foram feitas leituras das cores das cascas e das polpas de 30 frutos em diversos estádios de maturação, escolhidos visualmente, em função da cor da casca e firmeza do fruto, divididos em 10 goiabas (*Psidium guajava* L.), 10 mamões (*Carica papaya* L.) da cultivar Solo e 10 mangas (*Mangifera indica* L.) da variedade espada. Foram determinados os teores de sólidos solúveis totais (SST) e pH das polpas dos frutos a fim de se verificar correlação entre estágio de maturação, que se reflete em alterações nos valores de SST e pH, e cor da casca ou polpa.

Foram armazenados, em temperatura ambiente, 30 frutos verdes, divididos em 10 goiabas (*Psidium guajava* L.), 10 mamões (*Carica papaya* L.) da cultivar Solo e 10 mangas (*Mangifera indica* L.) da variedade espada, e foram feitas as leituras das cores das cascas em conjunto com as leituras das texturas, diariamente, no decorrer do amadurecimento.

3.1 – Construção do colorímetro

Como a cor é um estímulo proveniente da interação energia-matéria, para seu estudo é necessário o isolamento do *meio* a fim de evitar a influência de outras fontes de energia radiante; assim sendo, o colorímetro foi construído em bloco compensado de madeira de 15 mm de espessura, com medidas internas iguais a 150x150x150 mm, com pintura interna e externa de tinta preta fosca, dotado de orifício no centro da parte superior para passagem da guia metálica e porta lateral de acesso. A guia metálica se compunha de

um tubo de alumínio de 10 mm de diâmetro interno com escala graduada. O ponto de referência da escala era composto de placa metálica com furo central e foi preso na parte superior da caixa. Pode-se observar, nas Figuras 3.1 e 3.2, os detalhes da construção do protótipo.

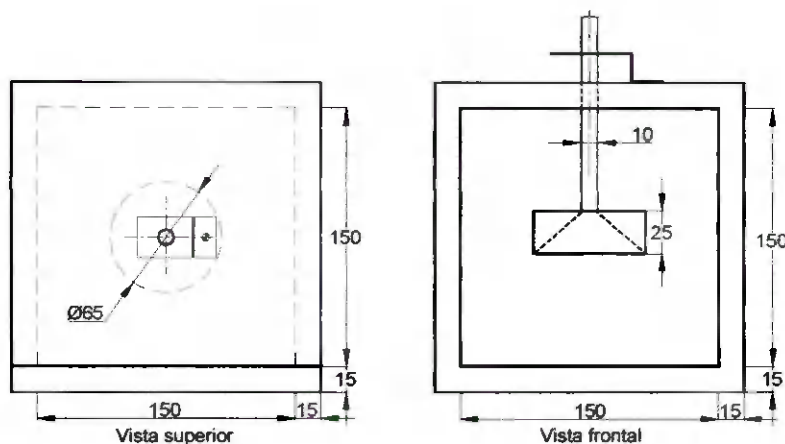


Figura 3.1 – Esquema do protótipo de colorímetro

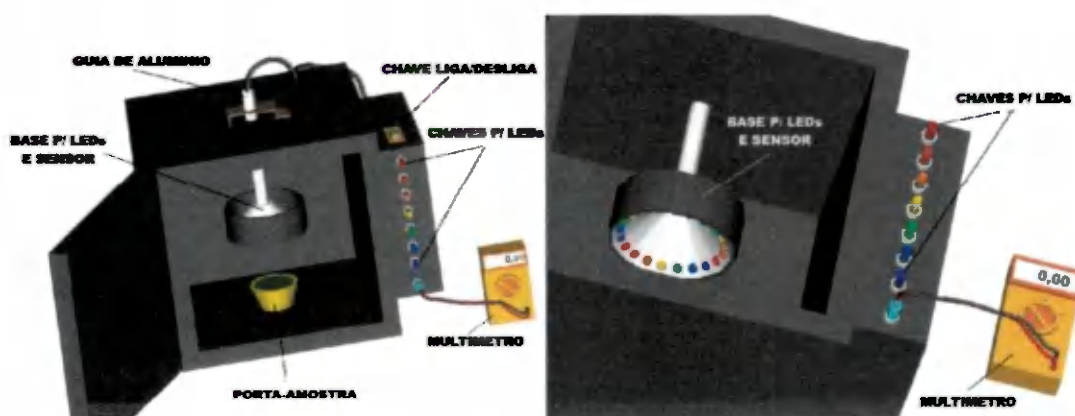


Figura 3.2 – Esquema visual do protótipo de colorímetro

O circuito eletrônico é formado de fontes de radiação controladas por chaves e fotossensor com condicionador de sinal. O princípio básico de funcionamento consiste em medir a variação da fotocorrente provocada pela variação da intensidade luminosa sobre o sensor. A fonte de radiação é formada de 21 LED's de alto brilho de 5 mm de diâmetro, divididos em 7 grupos, conforme a cor. Tem-se na Tabela 3.1, a referência e o comprimento de onda dominante de cada LED.

Dispuseram-se os LED's de cada cor específica circularmente, em torno da guia metálica em um suporte com forma de cone dotado, na base, de lâmina transparente, na

qual foi colocado um filtro dispersor da marca Cinegel número 3027, fabricado pela Rosco, para que a iluminação sobre a amostra fosse completamente difusa, ou seja, livre de incidência direta. O diagrama de blocos do colorímetro e a disposição dos LED's podem ser vistos na Figura 3.3.

Tabela 3.1 – LED's usados no colorímetro

LED	Comprimento de onda dominante (nm)	Referência comercial
Violeta	405±NC	OPL155UV0C-20
Azul	470±30	OPL155SPB16C-30
Verde	525±35	OPL155PG0C-25
Amarelo	589±15	OPL155UY0C-25
Laranja	605±NC	OPL155SO2C-15
Âmbar	615±17	OPL155UA15C-15
Vermelho	624±20	OPL155SUR15C-30

NC – Não consta no manual do fabricante

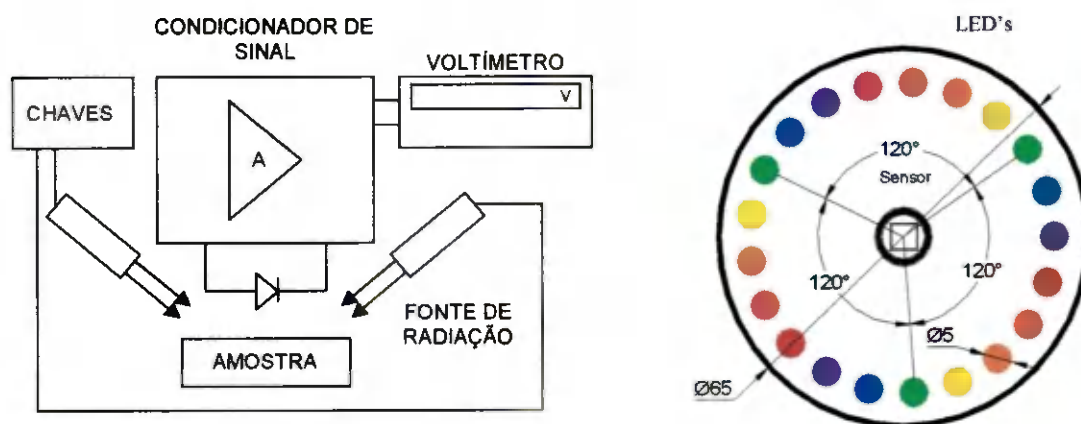


Figura 3.3 – Diagrama de blocos do colorímetro e disposição do conjunto de LED's

O ângulo entre LED's de mesma cor foi de 120° e estes foram conectados a uma mesma chave, procedimento adotado para que a amostra fosse iluminada uniformemente; desta forma, o equipamento foi dotado de 7 chaves que podem ser acionadas independentemente aumentando, assim, sua versatilidade. O fotossensor foi inserido na parte interna da guia metálica a uma distância fixa por onde também se passaram os fios para conexão dos LED's.

Utilizou-se o OSD15-E como fotossensor. Este dispositivo apresenta resposta espectral aproximada ao olho humano pois é dotado de filtro de correção de cor; possui uma área ativa de 15 mm² e responsividade típica de 15 nA/lux com tempo de resposta típico de 12 ns.

As amostras foram colocadas em um porta-amostra, a uma distância fixa da fonte de radiação e do sensor. Ao acionar a fonte, a resposta do sensor, proporcional à parte da energia radiante refletida, ao ser amplificada, foi lida em um voltímetro digital UNI-T modelo DT839B. Os dados coletados foram relacionados aos valores obtidos com o padrão de branco composto por hidróxido de magnésio prensado e depois, usados para construção das curvas e cálculo das coordenadas cromáticas.

A metodologia empregada para obtenção da refletância, está de acordo com CREDER (2002), onde se supõe que a energia refletida por uma superfície branca e uniforme é aproximadamente igual à energia incidente sobre a mesma; desta forma, as refletâncias foram calculadas pela razão entre os valores obtidos com o colorímetro sobre as amostras e os valores obtidos com o colorímetro sobre a amostra de magnésio prensado (Eq. 3.1).

$$R_{(\%) } = 100 \frac{V_S}{V_P} \quad (3.1)$$

em que:

V_S – tensão de saída obtida nos terminais do sensor para uma amostra qualquer; e,

V_P – tensão de saída obtida nos terminais do sensor para o padrão de branco.

3.2 – Testes iniciais do colorímetro

Estudou-se a linearidade do sensor pela aplicação de estímulos luminosos variáveis; para tanto, variou-se a corrente elétrica sobre os LED's de cada cor e se mediu a iluminância do conjunto com luxímetro digital modelo TES-1332. Analisaram-se os dados coletados com o software *Statistica* versão 6.0 a fim de se encontrar um ajuste adequado entre a corrente elétrica e a iluminância. Repetiu-se o procedimento fazendo-se, porém, a medição da corrente elétrica e da resposta do sensor. Utilizaram-se os novos dados de corrente elétrica nas equações obtidas no ajuste anterior de modo que os dados estimados de iluminância pudessem ser relacionados com a resposta do sensor.

Obteve-se a variação que ocorre na resposta do sensor aplicando-se uma luminosidade constante para cada cor e fazendo-se a leitura em intervalos regulares sobre a amostra de magnésio (padrão de branco – 100% de refletância) durante o período de 1h. Fizeram-se três repetições. O valor estável para cada cor ($t = 1h$), foi usado como valor padrão no cálculo da refletância.

A metodologia adotada para comparação dos valores obtidos com o colorímetro construído e com o modelo CR-10, consistiu em se calcular os valores da diferença de cor ΔE^*_{ab} para as 60 amostras de pó colorido e encontrar uma relação entre os dois equipamentos, pela aplicação da seguinte transformação (Eq. 3.2 e 3.3):

$$\begin{bmatrix} L^* & a^* & b^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L^{*'} & a^{*'} & b^{*'} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

$$\text{ou } \begin{cases} L^{*'} = L^* \cdot x_1 + a^* \cdot y_1 + b^* \cdot z_1 \\ a^{*'} = L^* \cdot x_2 + a^* \cdot y_2 + b^* \cdot z_2 \\ b^{*'} = L^* \cdot x_3 + a^* \cdot y_3 + b^* \cdot z_3 \end{cases} \quad (3.3)$$

donde:

$L^* a^* b^*$ são os valores encontrados com o colorímetro construído;

$L^{*'} a^{*'} b^{*'}$ são os valores encontrados com o modelo CR-10;

x_i, y_i e z_i são as constantes de transformação.

Desta forma, a matriz encontrada pode ser usada como fator de correção para que os dois aparelhos forneçam dados aproximados.

3.3 – Preparação dos padrões de cor

Para realização de testes iniciais com o colorímetro produziram-se padrões de cor (amostras coloridas), elaborados pela incorporação de pigmentos a um substrato branco, seguindo proporções fixas.

Como substrato foram utilizados 3 kg de pó químico branco e seco (bicarbonato de sódio), os quais foram divididos em 60 amostras de 50 g.

Empregou-se 1,5 dm³ de pigmento dividido em três partes de 500 ml nas cores magenta (M), amarela (Y) e ciano (C). Os pigmentos foram misturados entre si, obtendo-se 30 soluções de 40 ml, com variações de 10% dois a dois, ou seja, a Amostra 1 possui 100% do pigmento ciano (C100), enquanto as Amostras 2 e 3 apresentam 90 e 10% (C90Y10) e 80 e 20% (C80Y20) dos pigmentos ciano e amarelo, respectivamente, e sucessivamente até a Amostra 30 (M10C90) composta de 10 e 90% dos pigmentos magenta e ciano, respectivamente. As soluções de 40 ml foram misturadas com o pó seco na proporção de 20 ml/50g. Das amostras obtidas, 30 foram secas em estufa a 105 ± 1 °C e 30 a temperatura ambiente, obtendo-se 60 amostras de cores diferentes.

3.4 – Medidas de cor

As cores das 60 amostras do pó colorido artificialmente foram determinadas com o colorímetro, como função da refletância de uma superfície padrão. Obteve-se esta superfície a partir do hidróxido de magnésio prensado cuja leitura se associou a 100% de refletância.

A iluminância para cada cor foi medida com luxímetro e associada à potência espectral relativa a cada cor. As constantes \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} associadas a cada comprimento de onda, estão relacionadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Valores padronizados de \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} a serem usados no cálculo dos valores *tristimulus* XYZ

$\lambda(\text{nm})$	405 Violeta	470 Azul	525 Verde	590 Amarelo	605 Laranja	615 Âmbar	625 Vermelho
\bar{x}	0,0232	0,1954	0,1096	1,0263	1,0456	0,9384	0,7514
\bar{y}	0,0006	0,0910	0,7932	0,7570	0,5668	0,4412	0,3210
\bar{z}	0,1102	1,2876	0,0573	0,0011	0,0006	0,0002	0,0001

Fonte: MOREIRA (1982)

As Equações 2.5 a 2.8 foram adaptadas para o caso discreto (Equações 3.4 a 3.7) e usadas para obtenção dos valores *tristimulus* de cada amostra. Os dados foram convertidos para o sistema de cor L*a*b* com uso das equações desse sistema como função dos valores *tristimulus* (Equações 2.12 a 2.14) e comparados com os valores obtidos com

colorímetro comercial, que fornece os resultados nas coordenadas deste sistema. As equações do sistema XYZ adaptadas são descritas a seguir:

$$X = K \sum_1^7 S_i(\lambda) R_i(\lambda) \bar{x}_i \quad (3.4)$$

$$Y = K \sum_1^7 S_i(\lambda) R_i(\lambda) \bar{y}_i \quad (3.5)$$

$$Z = K \sum_1^7 S_i(\lambda) R_i(\lambda) \bar{z}_i \quad (3.6)$$

$$K = \frac{100}{\sum_1^7 S_i(\lambda) \bar{y}_i} \quad (3.7)$$

em que:

i – índice que indica cada cor (violeta, azul, verde, amarela, laranja, âmbar e vermelha);

λ – comprimento de onda da região visível do espectro eletromagnético (de 380 a 780 nm segundo a Tabela 3.2);

K – fator de normalização de cor em função de \bar{y} ;

$S(\lambda)$ – distribuição espectral de potência relativa do iluminante;

$R(\lambda)$ – refletância espectral relativa do objeto;

\bar{x} , \bar{y} e \bar{z} – valores *tristimulus* de igual energia do espectro em função de λ para um observador padrão, segundo a Tabela 3.2.

O colorímetro foi usado para leitura das cores nas cascas e nas polpas dos exemplares de goiaba, mamão e manga. As leituras efetuadas foram convertidas com uso das equações apropriadas (Equações 3.4 a 3.7 e 2.12 a 2.14) para o sistema L*a*b*. Para melhor visualização gráfica da relação com o teor de sólidos solúveis totais e pH, uma vez que o sistema L*a*b* é tridimensional, utilizou-se o índice de cor de Yeatman modificado (CAMELO, 2004) que indica o grau de variação verde/amarelo da amostra, indo de valores negativos (tonalidade verde), a valores positivos (tonalidade amarela); este fato indica que tal índice pode ser usado para se definir o estágio de maturação pela cor, já que, de maneira

geral, o amadurecimento de frutas é acompanhado por este tipo de variação na cor da casca. O índice de cor é calculado pela Equação 3.8:

$$IC = \frac{2000.a^*}{L^* \cdot \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}} \quad (3.8)$$

As leituras foram feitas em um porta-amostra de tamanho fixo, com forma de tronco de cone e volume 10 ml, sendo que este era colocado no centro da parte interna do colorímetro, a 5 mm de distância da área radiante. O aparelho era fechado e se iniciava o processo de obtenção dos dados. O formato do porta-amostra pode ser visto na Figura 3.4 (medidas em mm).

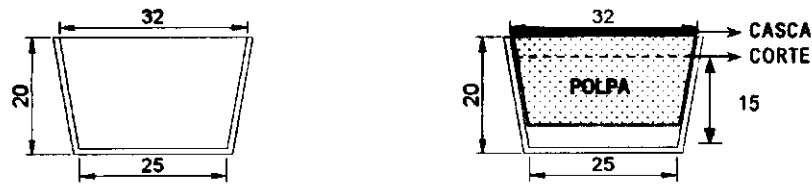


Figura 3.4 – Esquema do porta-amostra e da amostra retirada do fruto

As amostras em pó (padrões de cor) foram acondicionadas no porta-amostra e niveladas com uma régua de vidro, de forma a evitar o máximo de irregularidades na superfície. As medições foram tomadas a cada 30 s em triplicata, a fim de evitar qualquer efeito de instabilidade. A cada repetição a amostra foi retirada e recolocada no equipamento.

Obtiveram-se as leituras de cor nas cascas dos frutos após os mesmos serem lavados com detergente, enxaguados em água corrente e secos com papel absorvente. Dos exemplares de mamão foram retiradas cinco amostras da região equatorial e numeradas de 1 a 5 – para o mamão número 1 tem-se as amostras M1/1, M1/2, M1/3, M1/4, M1/5 e M1/6, em que esta sexta amostra foi obtida das polpas das cinco anteriores homogeneizando-as; da mesma forma para o mamão número 2, tem-se as amostras M2/1, M2/2, M2/3, M2/4, M2/5 e M2/6 e assim sucessivamente, para os 10 mamões. Retiraram-se, da goiaba, quatro amostras da região equatorial, sendo numeradas de 1 a 4, seguindo-se a mesma lógica utilizada para o mamão – para a goiaba número 1 tem-se as amostras G1/1, G1/2, G1/3, G1/4 e G1/5, em que esta quinta amostra foi obtida das polpas das quatro

3.6 – Análise estatística

A análise estatística consistiu nos cálculos da média, desvio padrão, desvio percentual médio e análises de regressão e de variância. O desvio percentual médio é calculado pela Equação 3.9 e; indica um bom ajuste da equação aos dados experimentais, se for menor que 5 %.

$$P = \left(\frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|M_{exp} - M_{teor}|}{M_{exp}} \right) \quad (3.9)$$

em que:

M_{exp} – valores obtidos experimentalmente;

M_{teor} – valores preditos pelo modelo;

n – número de dados experimentais.

3.6.1 – Análise de regressão

Utilizou-se o *software Statistica 6.0* para análise dos parâmetros físico-químicos das frutas verificando-se a adequação dos pontos experimentais aos modelos polinomiais linear, quadrático e cúbico, com observação do valor do coeficiente de determinação R^2 , visto que este coeficiente pode ser empregado como medida de perfeição com que uma curva se ajusta a um conjunto de pontos experimentais, razão por que, também é chamado qualidade de ajuste; é calculado pela Equação 3.10 com faixa de valores possíveis variando entre -1 e 1. Se $R = \pm 1$ a curva se ajusta perfeitamente aos pontos dados, se $R = 0$ não há correlação alguma entre os valores dados e os estimados. Para fins práticos, valores entre -0,95 e 0,95 invalidam o ajuste; quanto maior seu valor absoluto, independente do sinal, melhor o ajuste; por isto se prefere o uso de R^2 ao invés de R .

$$R = \pm \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^m [y_i - f(x_i)]^2}{\sum_{i=1}^m [y_i - \bar{y}]^2}} \quad (3.10)$$

em que:

x_i e y_i – pontos experimentais e,
 \bar{y} – o valor médio da amostra.

3.6.2 – Análise de variância

Utilizou-se o delineamento estatístico fatorial para análise de variância pelo teste F com médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, para os parâmetros tempo e textura e tempo e índice de cor. O número de fatores foi igual a dois, de acordo com o esquema da Tabela 3.3 em que, para o mamão e goiaba, se utilizaram 5 repetições e, para a manga, 5 repetições para tempo e textura e 4 repetições para tempo e índice de cor IC.

Tabela 3.3 – Número de tratamentos por fator para o delineamento utilizado

	Fator 1 – tempo	Fator 2	
		Textura	Índice de cor – IC
Mamão	8	10	10
Goiaba	11	10	10
Manga	16	10	10

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Características do sensor

Os dados obtidos de iluminância em função da corrente elétrica sobre os LED's podem ser observados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Iluminância dos LED's (lux) de cada cor em função da corrente elétrica (mA) aplicada

Violeta		Azul		Verde		Amarelo		Laranja		Âmbar		Vermelho	
i (mA)	L (lux)	i (mA)	L (lux)	i (mA)	L (lux)	i (mA)	L (lux)	i (mA)	L (lux)	i (mA)	L (lux)	i (mA)	L (lux)
21,90	134,5	21,0	1774	23,28	2070	21,40	507	22,20	316	22,07	537	21,2	263
18,84	119,4	18,73	1634	19,63	1830	18,83	443	18,37	270	18,17	447	19,0	234
16,77	107,3	15,22	1404	18,00	1720	17,43	410	16,00	234	16,53	409	17,0	209
15,25	98,4	13,63	1293	16,00	1570	15,50	366	14,55	215	14,50	361	15,0	184
13,95	90,4	11,13	1109	14,50	1470	13,00	306	12,50	186	13,00	326	13,0	158
12,32	80,1	9,22	958	12,00	1270	11,00	258	9,50	142	11,00	278	11,0	132
10,56	67,9	7,40	804	10,00	1113	9,00	210	7,43	110	9,00	226	9,0	106
9,35	59,7	6,60	734	8,00	927	6,00	133	5,50	80	7,00	174	7,0	80
8,22	52,0	4,94	576	5,60	690	5,00	109	4,10	57	5,00	123	5,0	54
7,25	45,0	3,78	459	4,50	574	3,50	71	3,00	41	3,50	84	3,1	29
6,62	40,7	2,95	369	3,03	403	2,00	35	2,00	26	2,00	45	2,0	17
5,31	30,9	1,65	213	2,00	276	1,00	14	1,00	11	1,00	20	1,0	6
4,57	25,6	1,00	128	1,50	209	-	-	-	-	-	-	-	-
3,54	17,9	0,65	82	1,00	142	-	-	-	-	-	-	-	-
3,03	14,7	0,44	53	0,50	68	-	-	-	-	-	-	-	-
2,51	11,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,43	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Demonstra-se, na Figura 4.1, a relação entre a iluminância e a intensidade da corrente elétrica aplicada sobre os LED's, modelada por uma função quadrática. Para este modelo os coeficientes de determinação encontrados foram superiores a 99,9% com desvio percentual médio menor que 5% (exceto para o valor correspondente ao LED azul – 5,48%), o que permite afirmar que este modelo é válido para representar a relação. Na Figura A.1 (Apêndice A) tem-se a relação entre a iluminância e a intensidade da corrente elétrica aplicada sobre os LED's, modelada por uma função linear.

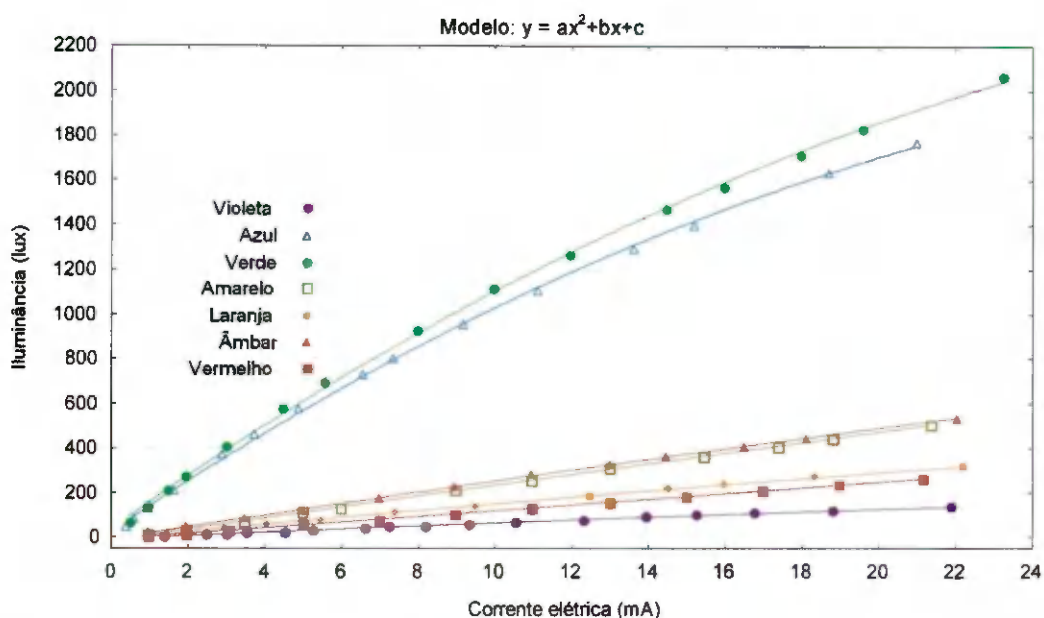


Figura 4.1 – Valores experimentais da iluminância dos LED’s de cada cor, em função da corrente elétrica, e curvas ajustadas por equação quadrática

Tem-se, na Tabela 4.2, as equações de regressão da iluminância dos LED’s de cada cor, em função da corrente elétrica, e os respectivos coeficientes de determinação e desvios percentuais médios. Pela boa adequação dos ajustes ($R^2 > 99\%$ e $P < 5\%$), essas equações podem ser usadas para estimar a iluminância como função da corrente elétrica aplicada em cada LED. Na Tabela A.1 tem-se as equações para ajuste por equação linear, ressaltando-se que se encontraram valores dos coeficientes de determinação menores que 99% e desvios percentuais médios maiores que 5%.

Tabela 4.2 – Equações obtidas a partir de ajuste quadrático aos dados experimentais da iluminância em função da corrente elétrica para os LED’s de cada cor

LED	Equação estimada	$R^2(\%)$	P(%)
Violeta	$L = -0,0573.i^2 + 7,8235.i - 8,2244$	99,96	3,69
Azul	$L = -1,6363.i^2 + 116,9190.i + 21,3149$	99,93	5,48
Verde	$L = -1,5375.i^2 + 122,1030.i + 34,1992$	99,93	4,67
Amarelo	$L = -0,0296.i^2 + 24,9112.i - 13,7570$	99,99	2,60
Laranja	$L = -0,0809.i^2 + 16,4192.i - 7,0587$	99,98	2,18
Âmbar	$L = -0,1030.i^2 + 26,9759.i - 8,3535$	99,99	0,98
Vermelho	$L = 0,00748.i^2 + 12,6591.i - 8,5183$	99,98	4,45

L – iluminância (lux); i – corrente elétrica (mA)

Apresentam-se, na Tabela 4.3, os valores de tensão obtidos nos terminais do sensor, em volts, como função da corrente elétrica aplicada e iluminância calculada, utilizando-se as equações da Tabela 4.2.

Tabela 4.3 – Tensão nos terminais do sensor (V_s) em resposta à variação da corrente elétrica (I), e iluminância calculada (L_{cal}), dos LED's de cada cor

Violeta			Azul			Verde			Amarelo		
I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)	I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)	I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)	I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)
21,80	135,63	2,73	20,60	1732,96	13,69 ¹	22,70	2008,81	13,69 ¹	21,30	506,16	4,74
18,88	119,10	2,69	18,72	1628,27	13,69 ¹	19,80	1849,14	13,70	18,84	445,24	4,18
16,79	106,79	2,43	15,24	1400,99	13,69 ¹	18,13	1744,62	13,43	17,40	409,82	3,90
15,30	97,76	1,96	13,79	1303,02	13,69 ¹	16,20	1612,37	12,32	15,50	363,34	3,47
14,00	89,73	1,86	11,17	1115,44	13,69 ¹	14,54	1488,81	11,35	13,10	305,07	2,91
12,38	79,49	1,80	9,22	963,24	13,69 ¹	12,10	1290,70	9,82	11,00	254,48	2,40
10,55	67,65	1,45	7,42	810,16	13,67	10,10	1113,68	8,51	9,00	206,64	1,96
9,37	59,84	1,23	6,64	739,44	13,67	8,00	913,63	6,98	6,00	135,51	1,28
8,22	52,12	1,07	4,95	575,84	10,78	5,60	667,19	5,16	5,00	111,97	1,04
7,25	45,51	0,98	3,78	453,40	8,45	4,50	547,90	4,25	3,50	76,82	0,71
6,62	41,17	0,89	2,94	360,44	6,68	3,02	381,11	2,93	2,00	41,85	0,38
5,31	32,03	0,69	1,65	208,78	3,77	2,00	261,95	1,96	1,00	18,65	0,18
4,57	26,79	0,59	1,00	128,04	2,22	1,50	202,29	1,47	0,70	11,70	0,13
3,54	19,43	0,42	0,67	85,89	1,45	1,00	141,81	0,94	0,50	7,08	0,10
3,03	15,74	0,35	0,44	56,04	0,90	0,50	80,50	0,45	-	-	-
Laranja			Âmbar			Vermelho					
I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)	I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)	I (mA)	L_{cal} (lux)	V_s (V)			
22,20	319,22	4,98	22,00	536,99	12,90	21,20	264,84	8,94			
18,64	270,68	4,00	18,16	447,26	10,32	19,10	236,31	7,98			
16,10	235,35	3,56	16,50	407,88	9,47	17,00	208,21	7,07			
14,54	213,35	3,20	14,53	360,68	8,34	15,03	182,26	6,26			
12,50	184,25	2,74	13,02	324,17	7,67	13,00	155,93	5,37			
9,50	140,77	2,02	11,00	274,86	6,55	11,00	130,38	4,48			
7,43	110,29	1,58	9,00	225,51	5,20	9,00	105,24	3,35			
5,50	81,52	1,20	7,00	175,65	4,06	7,00	80,50	2,57			
4,10	60,44	0,91	5,00	125,27	2,88	5,00	56,17	1,78			
3,00	43,75	0,65	3,50	87,15	1,99	3,00	32,23	0,99			
2,00	28,48	0,42	2,00	48,74	1,07	2,00	20,41	0,60			
1,00	13,12	0,21	1,00	22,97	0,50	1,00	8,69	0,24			
0,70	8,49	0,15	0,70	15,21	0,30	0,70	5,20	0,15			
0,46	4,78	0,11	0,50	10,03	0,23	0,51	2,99	0,10			

¹ Máxima tensão possível em virtude da saturação do dispositivo amplificador

Para os valores experimentais e calculados da Tabela 4.3, aplicou-se análise de regressão linear e quadrática. Obtiveram-se, para os dois modelos, coeficientes de determinação superiores a 98,8%, porém para o modelo linear foram obtidos desvios médios percentuais menores que 5%, enquanto para o modelo quadrático os valores foram superiores a 5% para a cor azul e 10% para a cor vermelha.

Mostra-se, na Figura 4.2, a representação gráfica da tensão nos terminais do sensor, em função da iluminância calculada para ajuste por equação linear, comportamento este que é um bom indicativo de que o dispositivo usado como fotossensor pode ser utilizado para estimar a resposta espectral de um objeto devido à sua refletância, uma vez que tal resposta varia conforme as características da superfície examinada.

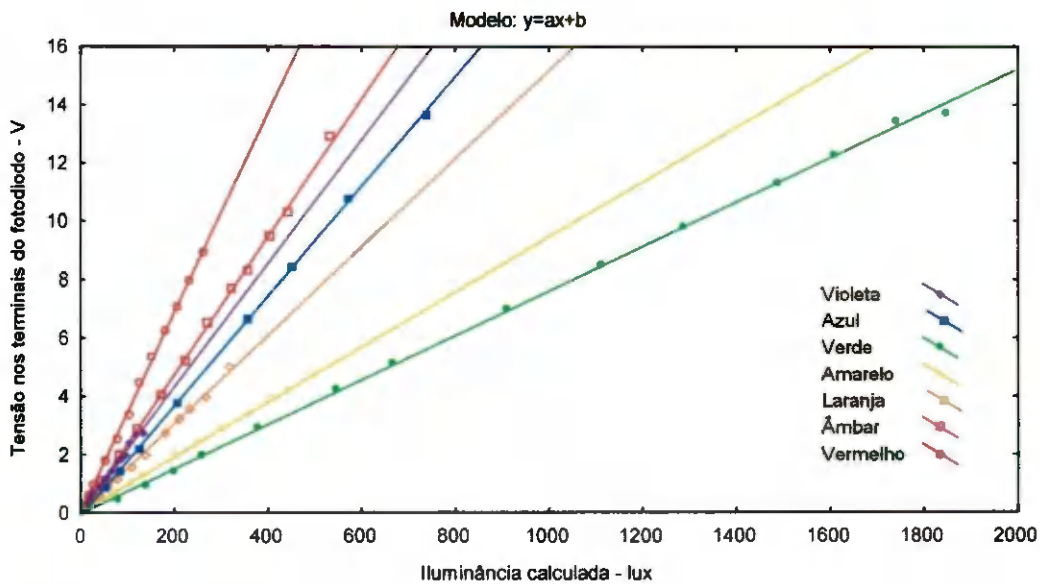


Figura 4.2 – Valores experimentais da tensão nos terminais do sensor, em função da iluminância calculada e ajustes por equação linear

Expõe-se, na Tabela 4.4, as equações de regressão da resposta do sensor, em função da iluminância calculada pela corrente elétrica, os respectivos coeficientes de determinação e os desvios percentuais médios para ajuste por equação linear. Na Figura A.2 (Apêndice A) tem-se a representação gráfica da tensão nos terminais do sensor, em função da iluminância calculada para ajuste por equação quadrática e, na Tabela A.2, as equações de regressão da resposta do sensor, em função da iluminância calculada pela corrente elétrica, os respectivos coeficientes de determinação e os desvios percentuais médios para ajuste por equação quadrática.

Tabela 4.4 – Equações obtidas a partir de ajuste linear aos dados experimentais da resposta do sensor, em função da iluminância calculada pela corrente sobre os LED's

LED	Equação estimada	R ² (%)	P(%)
Violeta	$V_s = 0,0212.L_{cal} + 0,0119$	98,82	3,10
Azul	$V_s = 0,0188.L_{cal} - 0,1508$	99,98	0,85
Verde	$V_s = 0,0076.L_{cal} - 0,0331$	99,93	4,00
Amarelo	$V_s = 0,0094.L_{cal} + 0,0076$	99,98	3,78
Laranja	$V_s = 0,0152.L_{cal} - 0,0187$	99,84	4,83
Âmbar	$V_s = 0,0237.L_{cal} - 0,0697$	99,93	3,47
Vermelho	$V_s = 0,0342.L_{cal} - 0,0802$	99,93	2,98

V_s – Tensão de saída do fotossensor; L_{cal} – iluminância calculada (lux)

4.1.1 – Velocidade de resposta do sensor

Observou-se, para superfícies esbranquiçadas, que havia variação da resposta do sensor, não ocorrendo o mesmo para superfícies coloridas. Esta variação pode ser devida ao funcionamento inicial de cada LED ou a uma variação característica do sensor, porém mesmo com tal variação se obteve boa relação entre os dois dispositivos, conforme observado na Figura 4.2.

Na Tabela 4.5 estão relacionados os dados da tensão média de saída do sensor em função do tempo e da cor aplicada para uma amostra de magnésio prensado. Observa-se que a maior variação da resposta do sensor se deu nos LED's das cores violeta, amarelo e laranja. Para o LED violeta, a diferença entre os valores obtidos foi 0,25 V relativamente aos tempos 5 s e 1 h, o que corresponde a uma variação de 13,51% da leitura inicial; da mesma forma, para o LED amarelo a diferença encontrada foi 0,14 V (o que corresponde a 6,36% do valor inicial) e para o LED laranja a diferença foi 0,10 V (referente a 4,63% do valor inicial). Para os demais LED's as diferenças entre os valores inicial e final foram: 0,01 V (0,22%) para o LED azul, 0,07 V (1,68%) para o LED verde, 0,05 V (1,01%) para o LED âmbar e 0,03 V (0,75%) para o LED vermelho. Nota-se que a menor variação ocorreu para os LED's emissores das três cores primárias, azul, verde e vermelho, às quais o olho humano é sensível (a cor âmbar tem comprimento de onda pouco menor que a cor vermelha, razão por que a resposta do sensor a essas duas cores foi semelhante); este comportamento pode ser explicado pelo fato de que o sensor é dotado de um filtro para correção de cor de alta qualidade, que torna sua resposta aproximada à do olho humano; esta característica faz este dispositivo ser ideal para aplicações em fotometria.

Tabela 4.5 – Tensão média de saída do sensor, em volts, em função do tempo e cor aplicada para uma amostra de magnésio prensado

Tempo	Viol	Azul	Verd	Ama	Lar	Âmb	Ver	Tempo	Viol	Azul	Verd	Ama	Lar	Âmb	Verm
0:00:05	1,85	4,46	4,16	2,20	2,16	4,93	4,01	0:03:15	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:10	1,81	4,46	4,17	2,18	2,14	4,92	4,01	0:03:20	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:15	1,79	4,47	4,18	2,16	2,12	4,91	4,01	0:03:25	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:20	1,78	4,47	4,18	2,16	2,11	4,91	4,01	0:03:30	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:25	1,77	4,47	4,18	2,15	2,11	4,90	4,01	0:03:35	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:30	1,76	4,47	4,19	2,14	2,10	4,90	4,01	0:03:40	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:35	1,75	4,47	4,19	2,14	2,10	4,90	4,01	0:03:45	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:40	1,74	4,47	4,19	2,14	2,10	4,90	4,00	0:03:50	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00
0:00:45	1,73	4,47	4,19	2,13	2,09	4,90	4,00	0:03:55	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,01
0:00:50	1,73	4,47	4,19	2,13	2,09	4,89	4,00	0:04:00	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,01
0:00:55	1,72	4,47	4,19	2,13	2,09	4,89	4,00	0:04:10	1,65	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,01
0:01:00	1,72	4,47	4,20	2,12	2,09	4,89	4,00	0:04:20	1,64	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,01
0:01:05	1,71	4,47	4,20	2,12	2,08	4,89	4,00	0:04:30	1,64	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,01
0:01:10	1,71	4,47	4,20	2,12	2,08	4,89	4,00	0:04:40	1,64	4,48	4,21	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:15	1,70	4,47	4,20	2,11	2,08	4,89	4,00	0:04:50	1,64	4,48	4,21	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:20	1,70	4,47	4,20	2,11	2,08	4,88	4,00	0:05:00	1,64	4,48	4,21	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:25	1,70	4,47	4,20	2,11	2,08	4,88	4,00	0:05:20	1,64	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:30	1,69	4,47	4,20	2,11	2,08	4,88	4,00	0:05:40	1,64	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:35	1,69	4,47	4,20	2,11	2,07	4,88	4,00	0:06:00	1,64	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:40	1,69	4,48	4,20	2,11	2,07	4,88	4,00	0:06:30	1,64	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:45	1,68	4,48	4,20	2,11	2,07	4,88	4,00	0:07:00	1,63	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:50	1,68	4,48	4,20	2,11	2,07	4,88	4,00	0:07:30	1,63	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:01:55	1,68	4,48	4,20	2,10	2,07	4,88	4,00	0:08:00	1,63	4,48	4,22	2,08	2,06	4,87	4,01
0:02:00	1,67	4,48	4,20	2,10	2,07	4,88	4,00	0:08:30	1,63	4,48	4,22	2,07	2,06	4,87	4,01
0:02:05	1,67	4,48	4,20	2,10	2,07	4,88	4,00	0:09:00	1,62	4,48	4,22	2,07	2,06	4,87	4,01
0:02:10	1,67	4,48	4,20	2,10	2,07	4,88	4,00	0:09:30	1,62	4,48	4,22	2,07	2,06	4,87	4,01
0:02:15	1,67	4,48	4,21	2,10	2,07	4,88	4,00	0:10:00	1,62	4,48	4,22	2,07	2,06	4,87	4,01
0:02:20	1,67	4,48	4,21	2,10	2,07	4,88	4,00	0:15:00	1,62	4,48	4,22	2,06	2,06	4,87	4,01
0:02:25	1,66	4,48	4,21	2,10	2,06	4,88	4,00	0:20:00	1,62	4,48	4,22	2,06	2,06	4,87	4,01
0:02:30	1,66	4,48	4,21	2,10	2,06	4,88	4,00	0:25:00	1,61	4,48	4,22	2,06	2,05	4,87	4,02
0:02:35	1,66	4,48	4,21	2,10	2,06	4,88	4,00	0:30:00	1,61	4,48	4,22	2,06	2,05	4,88	4,02
0:02:40	1,66	4,48	4,21	2,10	2,06	4,87	4,00	0:35:00	1,61	4,48	4,22	2,05	2,05	4,88	4,02
0:02:45	1,66	4,48	4,21	2,10	2,06	4,87	4,00	0:40:00	1,61	4,48	4,22	2,05	2,05	4,88	4,03
0:02:50	1,66	4,48	4,21	2,10	2,06	4,87	4,00	0:45:00	1,60	4,48	4,23	2,05	2,05	4,88	4,03
0:02:55	1,66	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00	0:50:00	1,60	4,48	4,23	2,06	2,05	4,88	4,03
0:03:00	1,66	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00	0:55:00	1,60	4,47	4,23	2,06	2,05	4,88	4,03
0:03:05	1,66	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00	1:00:00	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
0:03:10	1,66	4,48	4,21	2,09	2,06	4,87	4,00	-	-	-	-	-	-	-	-

O comportamento dessa variação pode ser observado nas Figuras 4.3, 4.4 e 4.5 para os LED's das cores violeta, amarelo e laranja, respectivamente; para os demais LED's, o comportamento dessa variação pode ser visto nas Figuras de A.3 a A.6 (Apêndice A).

Pela observação das Figuras 4.3, 4.4 e 4.5, nota-se que é necessário um tempo de 1500 s (25 minutos) aproximadamente, para a resposta se estabilizar em torno de certo valor para os iluminamentos violeta, amarelo e laranja, respectivamente.

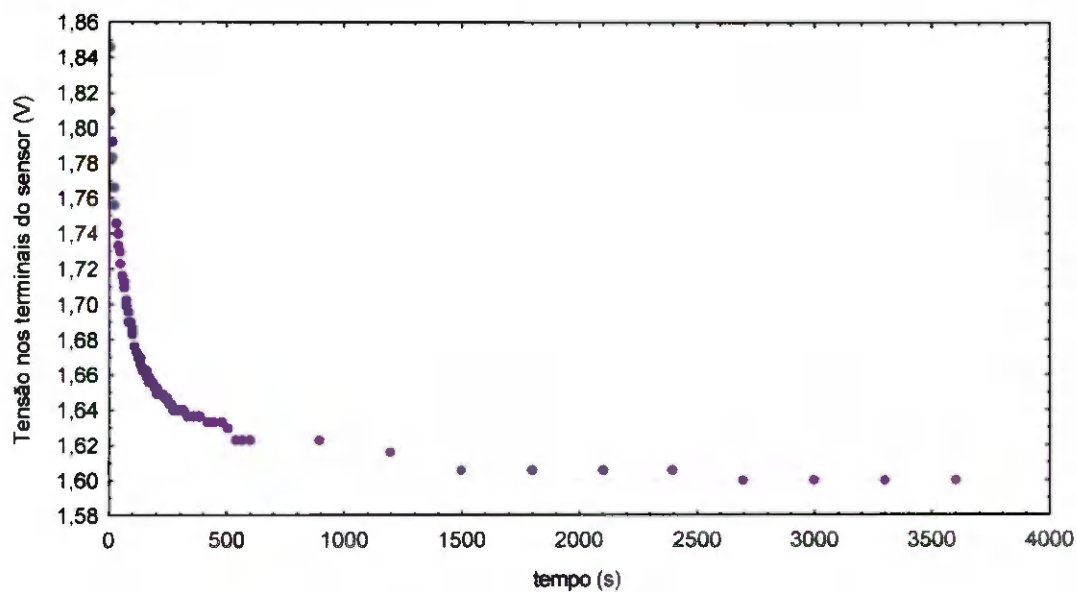


Figura 4.3 – Valores experimentais da tensão no sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento violeta

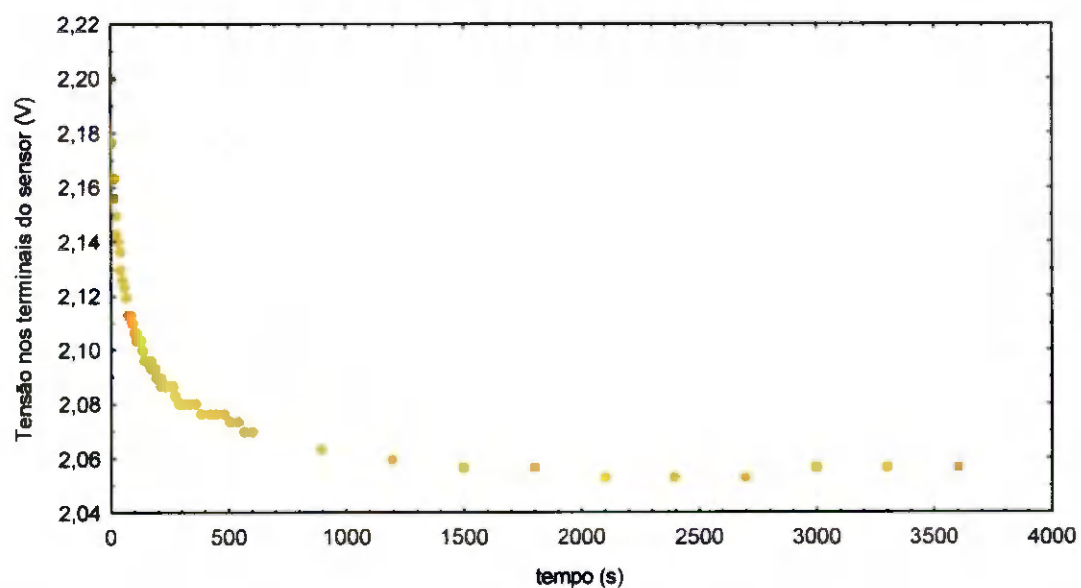


Figura 4.4 – Valores experimentais da tensão no sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento amarelo

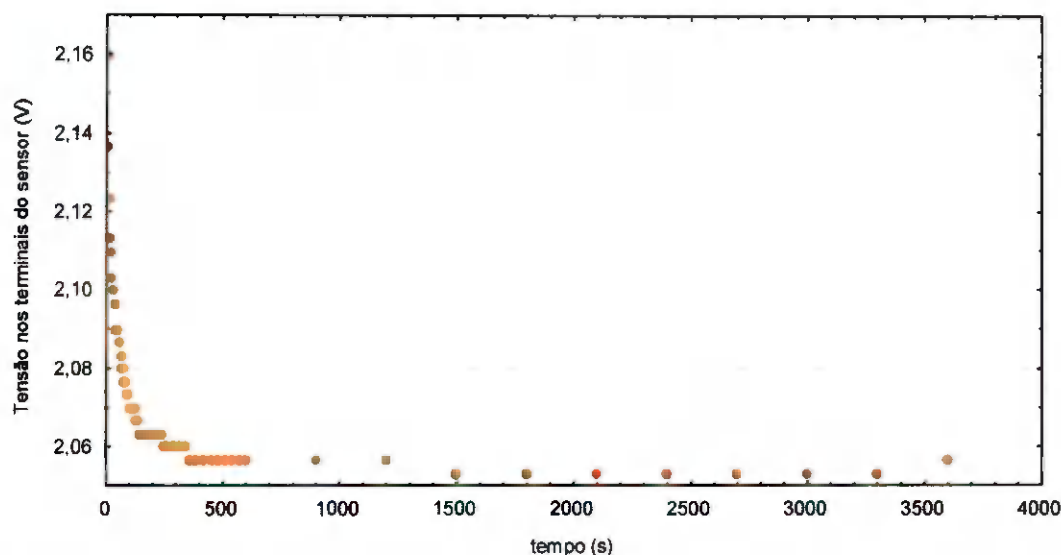


Figura 4.5 – Valores experimentais da tensão no sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento laranja

4.2 – Comparação das leituras de cor das amostras de pó colorido, obtidas a partir do colorímetro construído e do colorímetro Minolta CR-10

A partir dos valores da tensão média de saída do sensor obtidos para a amostra de magnésio prensado no tempo de 1 h, calcularam-se as refletâncias das 60 amostras de pó coloridas artificialmente. Os dados médios da tensão de saída do sensor para a amostra C100 (100% do pigmento ciano) seca em estufa e para o magnésio prensado, podem ser vistos na Tabela 4.6. Utilizou-se a Equação 3.1 para o cálculo das refletâncias. Pode-se observar na, Equação 4.1, o modo como foi calculada a refletância correspondente à cor violeta para esta mesma amostra.

$$R_{VIOLETA} = 100 \frac{0,63}{1,60} = 39,38\% \quad (4.1)$$

Tabela 4.6 – Tensão média de saída do sensor para a amostra C100 e magnésio prensado e refletância calculada

Leituras	LED's						
	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Tensão média para o magnésio (V)	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
Tensão média para a amostra C100 (V)	0,63	1,15	0,73	0,49	0,60	1,99	1,99
Refletância calculada (%)	39,38	25,78	17,35	23,66	29,34	40,82	49,38

Os dados médios da tensão de saída do sensor para todas as amostras de pó colorido, secos em estufa e em temperatura ambiente, para o magnésio prensado e refletância calculada, podem ser vistos nas Tabelas A.3 e A.4 (Apêndice A).

Utilizando-se as Equações de 3.4 a 3.7 e de 2.12 a 2.14 obtiveram-se os valores *tristimulus* XYZ e os parâmetros do espaço de cor $L^*a^*b^*$, respectivamente às sessenta amostras, a partir dos dados obtidos com o colorímetro construído. Na Tabela 4.7 estão relacionados esses dados calculados para o colorímetro construído, das 30 amostras secas em estufa e os valores obtidos com o colorímetro Minolta CR-10; tem-se, ainda, o valor calculado com a Equação 2.18 para a diferença de cor ΔE^*_{ab} entre os dois aparelhos.

Tabela 4.7 – Valores *tristimulus* (X, Y e Z), parâmetros do espaço de cor $L^*a^*b^*$ e diferença de cor (ΔE^*_{ab}) das 30 amostras em pó, secas em estufa, obtidos com os colorímetros construído e Minolta CR-10

Amostra	Colorímetro construído						Colorímetro Minolta CR-10			ΔE^*_{ab}
	X	Y	Z	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
C100	29,11	24,00	12,95	56,09	31,54	-1,60	39,20	30,40	4,27	17,91
C90Y10	32,82	28,92	11,77	60,71	25,58	10,34	41,10	20,23	19,77	22,41
C80Y20	37,97	35,71	13,85	66,30	19,22	13,17	46,40	16,63	25,60	23,61
C70Y30	34,81	32,00	9,32	63,34	21,28	23,98	44,17	15,83	33,47	22,08
C60Y40	34,70	33,12	10,86	64,25	16,97	19,68	45,50	14,53	29,97	21,53
C50Y50	40,85	40,28	13,57	69,67	13,91	19,86	51,37	11,90	31,97	22,04
C40Y60	37,35	32,55	4,74	63,80	27,95	47,55	45,47	18,10	50,70	21,04
C30Y70	36,26	31,39	4,05	62,84	28,43	50,50	45,43	18,40	52,67	20,20
C20Y80	38,61	34,25	4,41	65,16	26,22	52,00	46,80	16,47	55,20	21,03
C10Y90	46,37	40,18	4,91	69,60	30,75	56,46	49,60	19,43	59,47	23,17
Y100	70,16	59,13	9,28	81,36	39,21	55,23	60,00	20,87	61,07	28,76
Y90M10	37,22	26,66	4,04	58,66	49,66	43,35	39,60	39,63	40,43	21,73
Y80M20	33,75	22,33	3,13	54,37	56,21	42,93	35,83	46,20	37,50	21,76
Y70M30	31,42	24,06	7,12	56,15	40,12	21,29	39,30	33,13	25,03	18,62
Y60M40	30,61	23,27	7,66	55,35	40,48	17,37	37,47	33,17	21,87	19,84
Y50M50	27,39	20,66	7,42	52,58	39,79	13,69	36,30	34,37	18,63	17,86
Y40M60	23,52	17,87	7,06	49,33	37,16	9,81	34,03	33,50	16,03	16,92
Y30M70	19,38	11,90	3,02	41,06	52,89	20,91	28,03	46,53	20,87	14,50
Y20M80	22,43	17,15	9,14	48,44	35,99	-0,98	33,13	33,67	8,93	18,39
Y10M90	18,16	13,81	7,06	43,96	33,97	0,56	30,47	33,20	9,33	16,12
M100	24,77	17,20	8,25	48,51	46,27	2,92	33,47	42,00	7,23	16,22
M90C10	26,29	18,14	9,40	49,66	47,79	0,08	34,27	42,37	4,47	16,90
M80C20	24,66	16,78	8,13	47,98	48,06	2,53	32,37	42,77	6,20	16,89
M70C30	22,08	15,43	7,57	46,22	43,97	2,03	31,60	39,80	5,60	15,61
M60C40	23,11	16,24	8,32	47,29	44,10	0,49	31,50	40,10	5,10	16,93
M50C50	24,02	18,96	11,98	50,65	33,77	-7,74	36,03	33,07	1,03	17,06
M40C60	22,04	19,41	13,22	51,16	22,45	-10,96	35,93	24,77	1,10	19,56
M30C70	26,34	20,93	12,32	52,87	34,17	-5,06	36,80	31,90	3,43	18,32
M20C80	23,42	22,32	15,38	54,36	15,04	-11,99	40,07	19,33	1,20	19,92
M10C90	30,47	22,48	10,48	54,53	43,52	4,29	36,47	35,10	8,13	20,30

C - ciano; Y - amarelo; M - magenta

As Figuras 4.6 e 4.7 mostram a representação gráfica dos pontos da Tabela 4.7 com respeito ao sistema de cor $L^*a^*b^*$. Percebe-se que o comportamento gráfico das cores das amostras em pó secas em estufa, para o colorímetro construído e para o modelo comercial, apresentou semelhanças.

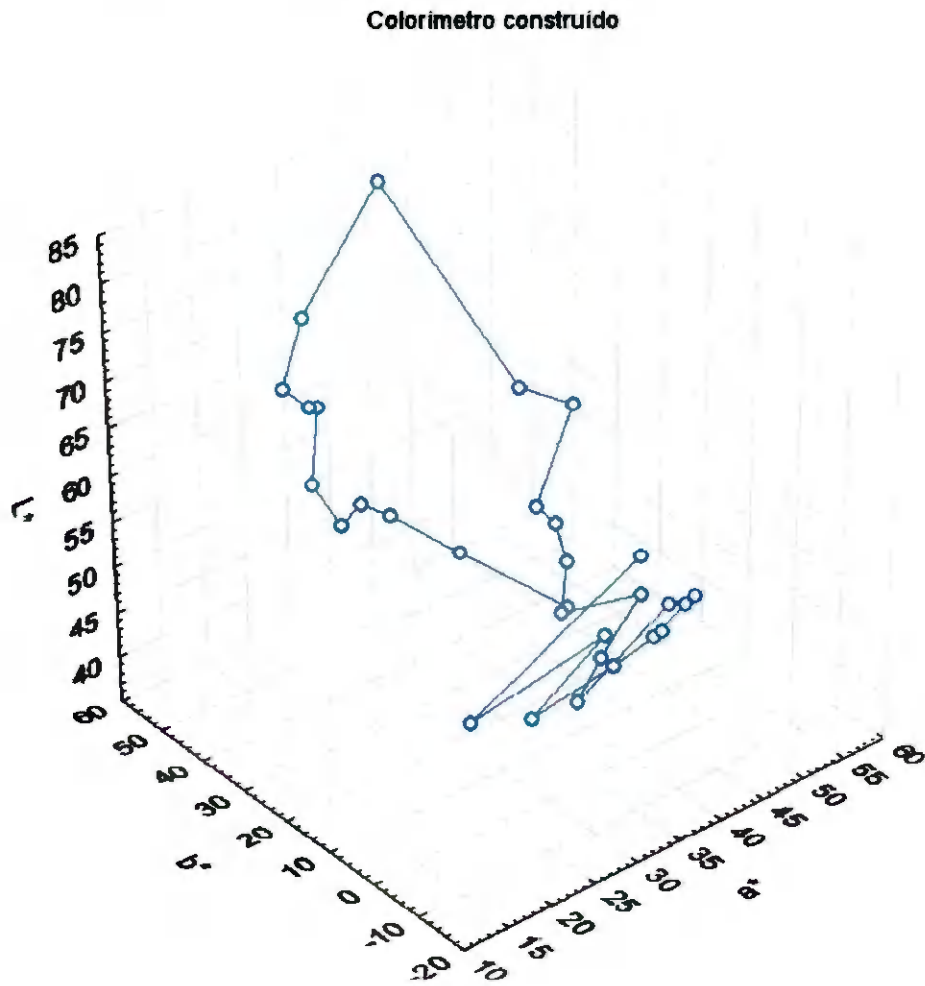


Figura 4.6 – Valores de $L^*a^*b^*$ para as 30 amostras de pó secas em estufa, obtidas com colorímetro construído

MINOLTA CR-10

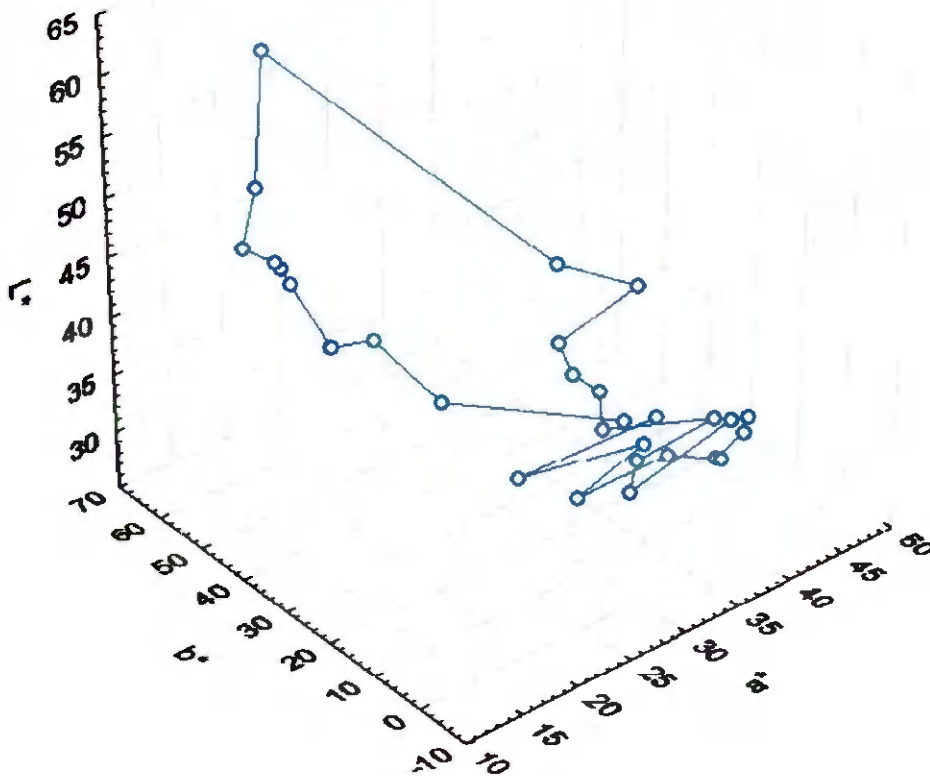


Figura 4.7 – Valores de L*a*b* para as 30 amostras de pó secas em estufa, obtidas com colorímetro Minolta CR-10

Calculou-se, para comparação entre as medidas dos dois colorímetros, a diferença de cor ΔE^*_{ab} , que dá uma indicação da variação entre as leituras obtidas com o colorímetro construído em relação ao modelo comercial. Na Figura 4.8 se tem o comportamento dos valores de ΔE^*_{ab} em torno da média relacionados as 30 amostras de pó secas em estufa. A média dos valores de ΔE^*_{ab} foi 19,57, o desvio padrão foi 3,00 e o coeficiente de variação foi 15,34%.

O modo como se fez o cálculo da diferença de cor, pode ser visto na Equação 4.2 para a amostra C100.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(56,09 - 39,20)^2 + (31,54 - 30,40)^2 + (-1,60 - 4,27)^2} = 17,91 \quad (4.2)$$

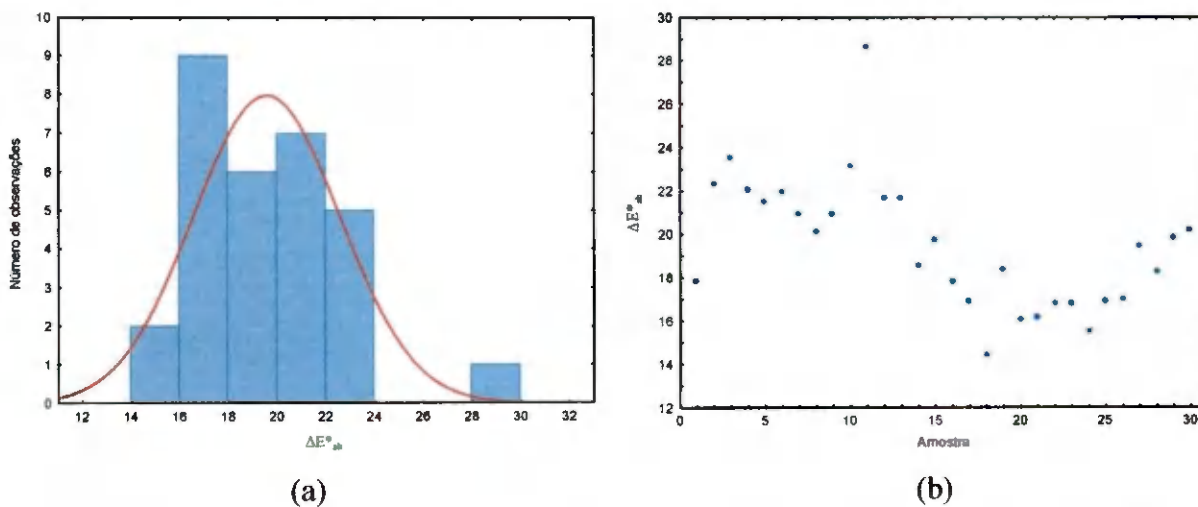


Figura 4.8 – Valores da diferença de cor (ΔE^*_{ab}) em torno da média (a) e em valor absoluto por amostra (b) para as 30 amostras em pó secas em estufa

Na Tabela A.5 (Apêndice A) são apresentados os valores *tristimulus* (X, Y e Z), os parâmetros do espaço de cor $L^*a^*b^*$ e a diferença de cor ΔE^*_{ab} das 30 amostras secas a temperatura ambiente, para os dois colorímetros. Tem-se para a diferença de cor ΔE^*_{ab} , média de 19,62, desvio padrão de 4,54 e coeficiente de variação de 23,17%. O comportamento gráfico dos dados desta tabela pode ser visto nas Figuras 4.9, 4.10 e 4.11.

Colorímetro construído

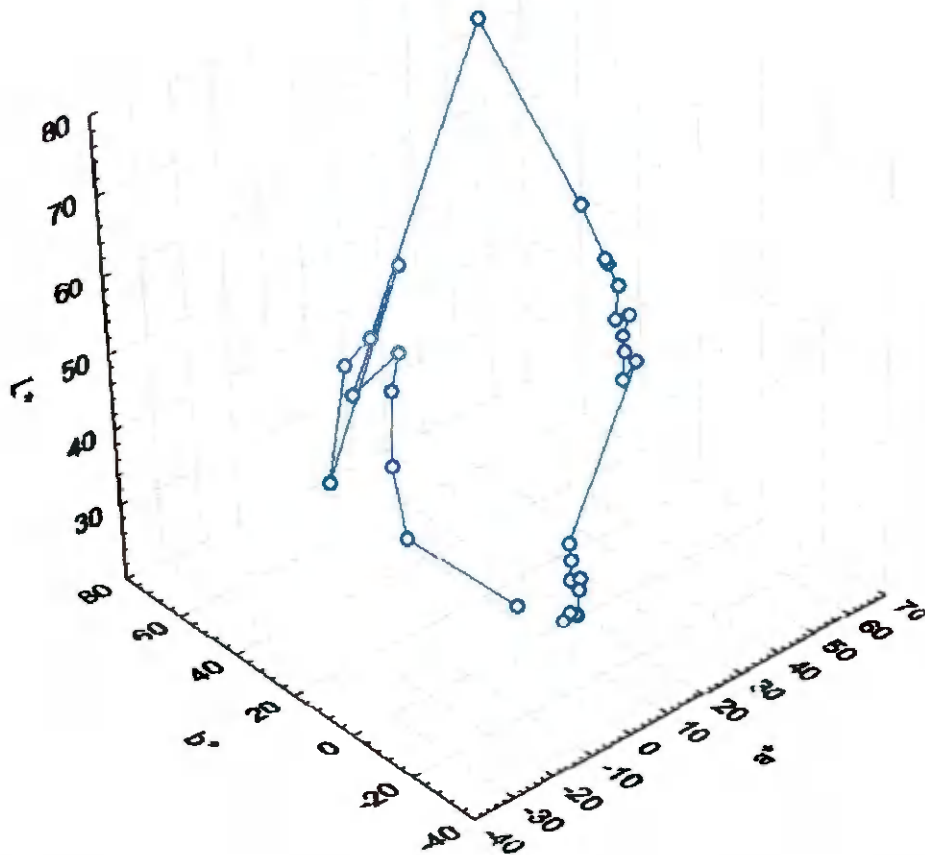


Figura 4.9 – Valores de L*a*b* para as 30 amostras de pó secas a temperatura ambiente, obtidas a partir do colorímetro construído

MINOLTA CR-10

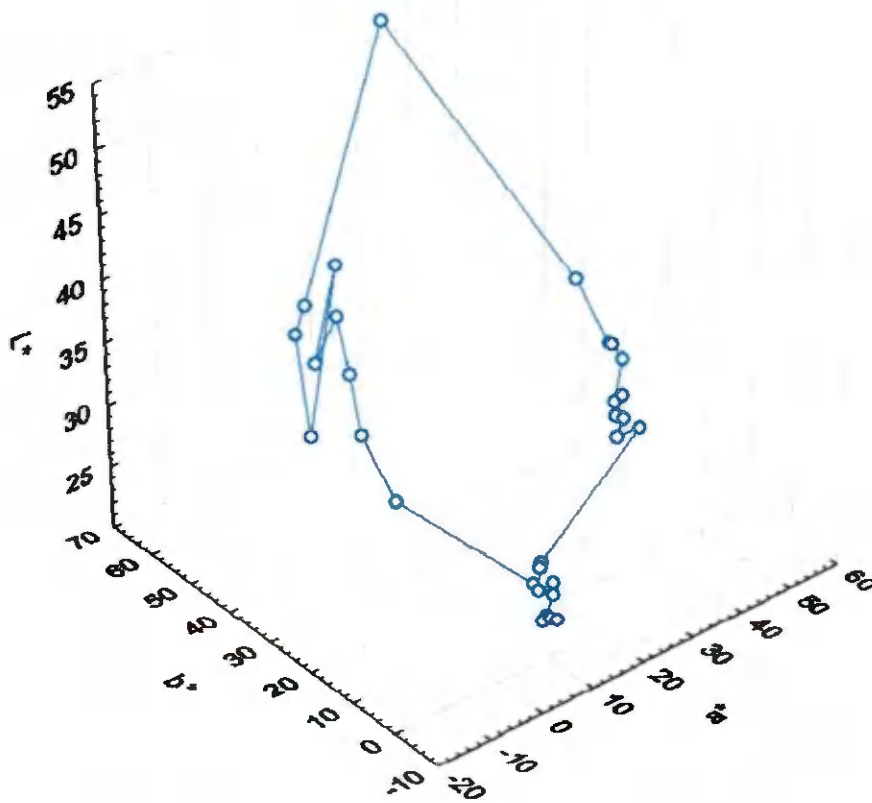


Figura 4.10 – Valores de L*a*b* para as 30 amostras de pó secas a temperatura ambiente, obtidas a partir do colorímetro Minolta CR-10

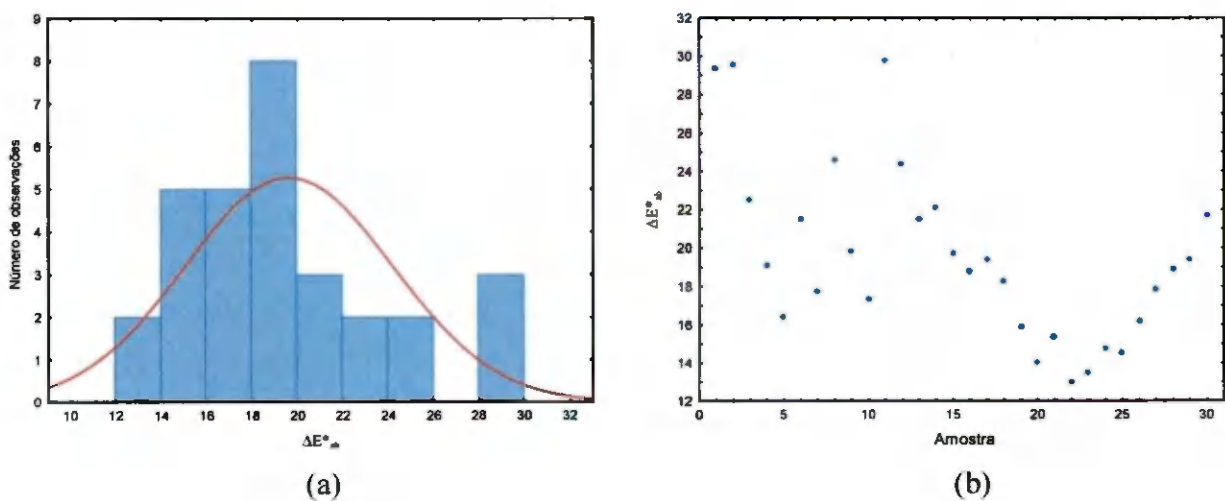


Figura 4.11 – Valores da diferença de cor (ΔE^*_{ab}) em torno da média (a) e em valor absoluto por amostra (b) para as 30 amostras de pó secas a temperatura ambiente

Percebe-se, ante os dados analisados neste item, que os dois equipamentos diferem significativamente, o que era esperado em virtude das características construtivas diferentes de cada um, porém como o comportamento gráfico é semelhante (Figuras 4.6, 4.7, 4.9 e 4.10), a relação entre os dois instrumentos foi estimada conforme a Equação 3.2 para os dados das 60 amostras de pó colorido, obtendo-se a seguinte matriz:

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,741839 & 0,140430 & 0,312655 \\ -0,053618 & 0,749977 & -0,183716 \\ -0,021207 & -0,172033 & 0,735279 \end{bmatrix}$$

Esta é a matriz de transformação das coordenadas do sistema L*a*b* do colorímetro construído para o sistema L*a*b* do colorímetro CR-10. Foram encontrados, para a estimativa dessas constantes, coeficientes de determinação iguais a 97,96, 95,28 e 97,29% para as colunas 1, 2 e 3, respectivamente, dessa matriz. Pode-se ver, nas Figuras 4.12, 4.13 e 4.14, as relações entre os valores preditos e os observados para a estimativa dos atributos L*, a* e b*, respectivamente.

A equivalência encontrada entre as leituras dos dois instrumentos conferiu ao colorímetro construído uma aferição válida, visto que o padrão formado pelo colorímetro comercial utilizado, é de um equipamento de uso em nível de laboratório.

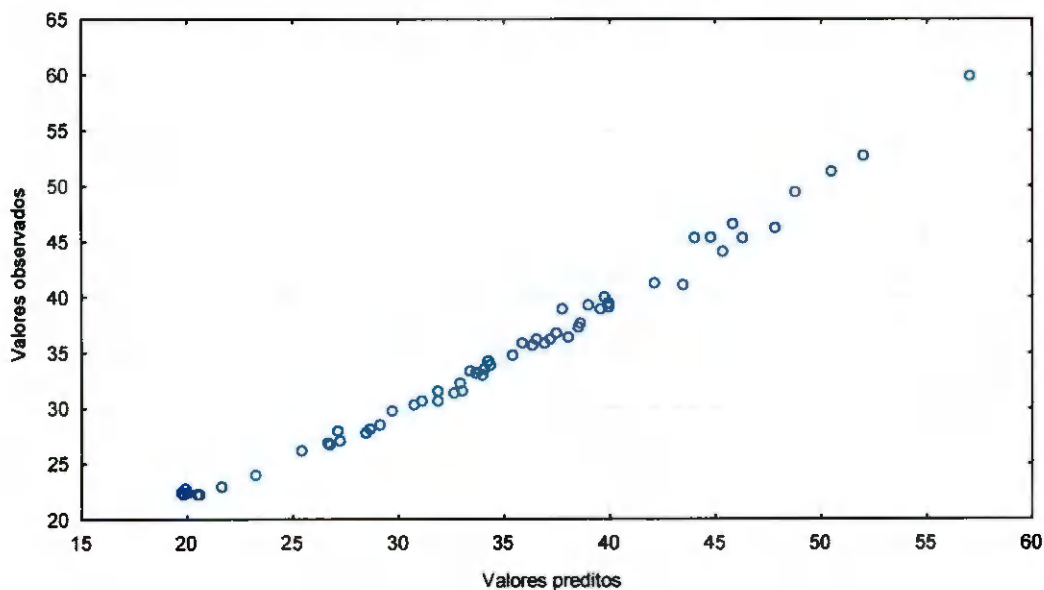


Figura 4.12 – Relação entre valores observados e preditos na estimativa das constantes de transformação para o atributo L*

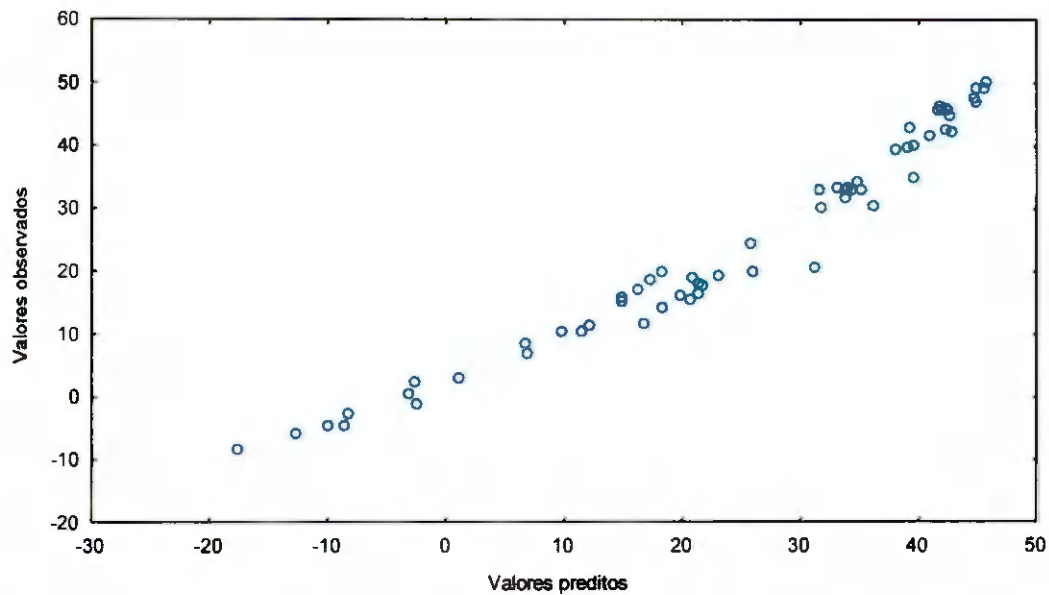


Figura 4.13 – Relação entre valores observados e os preditos na estimativa das constantes de transformação para o atributo a*

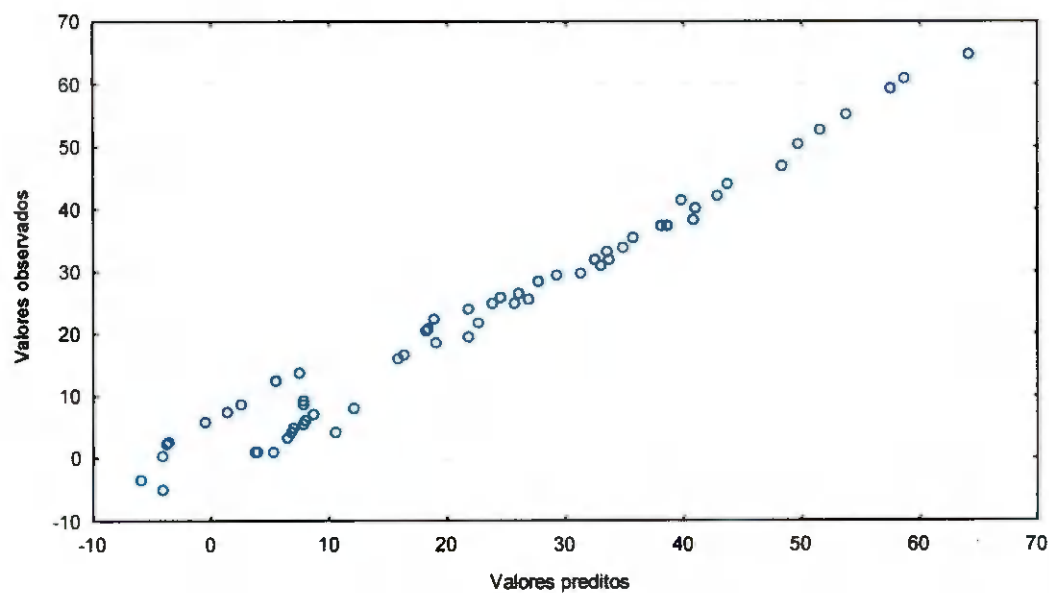


Figura 4.14 – Relação entre valores observados e os preditos na estimativa das constantes de transformação para o atributo b*

4.3 – Utilização do colorímetro construído para determinação das cores em mamão

As cores da parte externa da casca e da polpa dos mamões foram determinadas com o colorímetro construído. As refletâncias da casca e da polpa das amostras foram calculadas pela Equação 3.1 que relaciona as tensões medidas na amostra e na amostra

padrão de magnésio. Os dados médios de tensão e refletância para a primeira leitura do primeiro exemplar de mamão podem ser observados na Tabela 4.8, enquanto que, na Tabela B.1 (Apêndice B) se constata os dados médios de tensão e refletância para as leituras, em todos os exemplares de mamão.

Tabela 4.8 – Valores de tensão e refletância para a primeira leitura do primeiro exemplar de mamão (M1/1), em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho	
Tensão Média (V)	Magnésio	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
	Casca	0,18	0,35	0,83	0,93	0,97	2,29	1,91
	Polpa	0,23	0,39	0,60	0,86	1,12	3,14	2,74
Refletância (%)	Casca	11,25	7,82	19,62	45,14	47,08	46,92	47,28
	Polpa	14,37	8,72	14,18	41,74	54,37	64,34	67,82

Vêm-se, na Figura 4.15, os comportamentos espectrais (para os sete comprimentos de onda utilizados), da casca e polpa para a amostra M1/1 do primeiro exemplar de mamão e, se percebe a semelhança de cor existente entre a casca e a polpa para este exemplar, diferindo apenas na região de comprimentos de onda do vermelho, visto que a polpa se encontra mais avermelhada, o que ocasiona maior refletância nos comprimentos de onda associados a esta região do espectro.

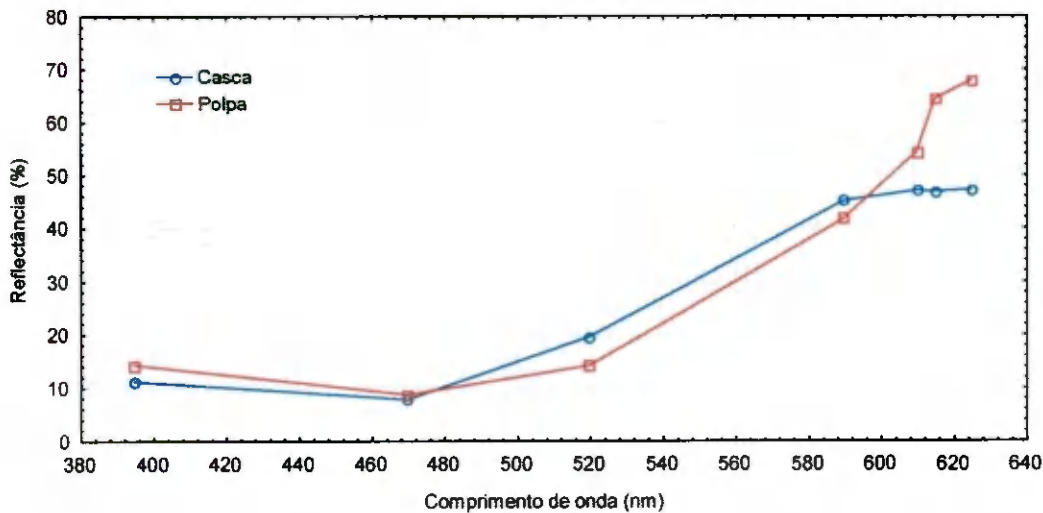


Figura 4.15 – Refletâncias da casca e polpa da amostra de mamão M1/1 em função do comprimento de onda

Dos valores de comprimento de onda dominante de cada LED (Tabela 3.1), associaram-se os valores trístimulus \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} correspondentes (Tabela 3.2). Mediu-se a

iluminância de cada conjunto de LED de mesma cor, com o luxímetro, associando-se à potência luminosa. Os valores padronizados de \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} podem ser vistos na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Valores padronizados da tensão sobre o magnésio, do iluminamento de cada conjunto de LED e das constantes \bar{x} , \bar{y} e \bar{z} a serem usados no cálculo dos valores XYZ

Cor	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
$\lambda(\text{nm})$	405	470	525	590	605	615	625
Magnésio (V)	1,6000	4,4733	4,2267	2,0567	2,0567	4,8833	4,0367
L (lux)	156,27	650,00	1335,67	503,67	316,33	410,00	299,00
\bar{x}	0,0232	0,1954	0,1096	1,0263	1,0456	0,9384	0,7514
\bar{y}	0,0006	0,0910	0,7932	0,7570	0,5668	0,4412	0,3210
\bar{z}	0,1102	1,2876	0,0573	0,0011	0,0006	0,0002	0,0001

Após o cálculo dos valores XYZ (Equações de 3.4 a 3.7), fez-se a conversão para o sistema $L^*a^*b^*$ (Equações de 2.12 a 2.14) e se calculou o índice de cor (Equação 3.8). Os valores médios obtidos para o primeiro exemplar de mamão podem ser vistos na Tabela 4.10 e na Tabela B.2 (Apêndice B) se encontram os valores médios dos parâmetros de cor $L^*a^*b^*$ e IC para todos os exemplares de mamão.

Percebe-se que os valores médios de IC para casca e polpa no mamão foram diferentes, o que já se previa em virtude de que IC aumenta quando a amostra tende à cor vermelha. Com o amadurecimento a diferença de cor existente entre a casca e a polpa se torna menos expressiva; quando a casca do mamão tem cor verde sua polpa tem cor levemente alaranjada (IC igual a -14,41 para a casca e 7,94 para a polpa, o que dá uma diferença no índice de cor de 22,35 – amostra M8/1 da Tabela B.2 – Apêndice B) e, quando a casca tem cor amarelada (mamão maduro) sua polpa tem cor avermelhada (IC igual a 19,54 para a casca e 25,21 para a polpa, o que dá uma diferença no índice de cor de 5,67 – amostra M1/1 da Tabela 4.10).

Tabela 4.10 – Valores dos parâmetros L*a*b* e do índice de cor (IC) obtidos para o mamão M1

	Amostra	L*	a*	b*	IC
M1/1	Casca	62,20	35,02	45,76	19,54
	Polpa	61,97	54,78	43,80	25,21
M1/2	Casca	67,09	36,79	53,37	16,92
	Polpa	65,12	50,30	40,76	23,86
M1/3	Casca	71,48	37,10	56,11	15,43
	Polpa	63,63	53,25	42,21	24,63
M1/4	Casca	67,84	34,19	51,39	16,33
	Polpa	62,57	51,52	40,42	25,15
M1/5	Casca	65,11	33,60	47,31	17,79
	Polpa	60,77	54,45	42,39	25,97
M1/6	Polpa homogeneizada	48,59	41,63	31,40	32,86

4.3.1 – Sólidos solúveis totais e pH

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e pH determinados nas diferentes partes do mamão para o exemplar 1, se encontram na Tabela 4.11. Essas determinações foram realizadas para todos os exemplares e os resultados são apresentados na Tabela B.2 (Apêndice B).

Tabela 4.11 – Valores médios de pH e °Brix para o primeiro exemplar de mamão

Leitura	pH	°Brix Corrigido
M1/1	5,50	14,28
M1/2	5,78	13,64
M1/3	5,53	13,88
M1/4	5,37	14,02
M1/5	5,42	14,44
M1/6	5,35	13,72
Média	5,49	13,99
Desvio padrão	0,16	0,31

4.3.2 – Relação entre a cor da casca e da polpa do mamão e o teor de sólidos solúveis totais e pH

Tem-se, na Tabela 4.12, os dados de cor, pH e °Brix para a casca e polpa dos exemplares de mamão.

Tabela 4.12 – Valores de índice de cor, °Brix e pH nas diversas partes dos exemplares de mamão

Amostra	IC casca	IC polpa	°Brix	pH	Amostra	IC casca	IC polpa	°Brix	pH
M1/1	19,54	25,21	14,28	5,50	M6/1	11,60	17,69	8,79	5,36
M1/2	16,92	23,86	13,64	5,78	M6/2	9,51	22,39	9,34	5,49
M1/3	15,43	24,63	13,88	5,53	M6/3	9,41	18,18	9,03	5,51
M1/4	16,33	25,15	14,02	5,37	M6/4	7,90	19,97	9,17	5,49
M1/5	17,79	25,97	14,44	5,42	M6/5	10,09	18,48	8,65	5,45
M2/1	17,26	27,60	14,45	5,20	M7/1	13,55	18,45	11,14	5,55
M2/2	16,53	30,30	13,65	5,21	M7/2	11,72	21,20	10,68	5,54
M2/3	17,21	27,74	14,19	5,15	M7/3	12,07	21,32	10,69	5,55
M2/4	18,83	26,67	14,22	5,08	M7/4	12,82	20,47	10,86	5,59
M2/5	17,17	32,62	14,24	5,22	M7/5	15,28	19,99	10,90	5,61
M3/1	15,39	22,39	12,95	5,50	M8/1	-14,41	7,94	6,79	5,55
M3/2	13,62	21,83	11,70	5,40	M8/2	-11,58	6,43	6,31	5,84
M3/3	19,88	25,55	14,38	5,35	M8/3	-16,16	6,99	6,28	5,92
M3/4	21,35	24,88	14,58	5,28	M8/4	-13,44	6,63	6,39	5,82
M3/5	18,25	24,18	13,56	5,39	M8/5	-18,33	6,59	6,76	5,86
M4/1	17,86	25,73	14,45	5,43	M9/1	-8,08	5,24	7,94	5,73
M4/2	16,35	23,12	13,44	5,46	M9/2	-3,49	6,59	7,55	5,81
M4/3	16,24	22,73	12,83	5,41	M9/3	10,80	6,03	7,85	5,86
M4/4	14,78	20,65	12,61	5,53	M9/4	-15,66	8,48	8,40	5,64
M4/5	17,27	23,70	13,45	5,35	M9/5	-1,59	8,37	8,05	5,76
M5/1	6,66	15,06	8,29	5,33	M10/1	-11,30	7,04	7,21	5,57
M5/2	5,11	16,19	8,32	5,41	M10/2	-8,29	8,22	7,53	5,62
M5/3	-4,06	11,60	8,10	5,35	M10/3	-10,90	8,31	7,29	5,64
M5/4	2,85	16,15	8,09	5,40	M10/4	-2,94	7,19	7,05	5,63
M5/5	3,19	15,66	7,95	5,33	M10/5	-6,75	7,96	7,06	5,63

Apresentam-se, na Tabela 4.13, os valores médios para cada mamão do índice de cor, °Brix e pH.

Tabela 4.13 – Valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e polpa do mamão

Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix	pH	Polpa homogeneizada		
					IC polpa	°Brix	pH
M1	17,20	24,96	14,05	5,52	32,86	13,72	5,35
M2	17,40	28,98	14,15	5,17	31,56	12,88	5,23
M3	17,70	23,77	13,44	5,38	30,83	12,34	5,42
M4	16,50	23,19	13,36	5,44	31,03	11,38	5,37
M5	2,75	14,93	8,12	5,37	25,23	8,18	5,38
M6	9,70	19,34	9,05	5,49	27,73	9,39	5,51
M7	13,09	20,29	10,78	5,57	29,74	10,38	5,59
M8	-14,79	6,92	6,44	5,86	7,31	6,54	5,83
M9	-3,61	6,94	7,96	5,77	14,33	8,02	5,74
M10	-8,04	7,74	7,23	5,63	8,67	6,86	5,80

A partir dos 50 valores obtidos dos 10 exemplares de mamão (Tabela 4.12), para o teor de sólidos solúveis totais em função do índice de cor da casca (IC_C), foram feitas duas estimativas, uma com equação do 3º grau (Figura 4.16) e a outra do 2º grau (Figura 4.17). A observação do comportamento dos pontos da Figura 4.16 revela que a maturação do mamão, representada pela alteração da cor da casca, se dá de forma sigmoideal, e assim pode ser modelada por um polinômio de grau três. Nota-se, pela observação do comportamento dos pontos, que o teor de sólidos solúveis tem um suave incremento até certo ponto do estágio de maturação da fruta (período em que sua tonalidade muda de verde escuro para um verde-amarelado), sendo que, a partir deste momento, tal parâmetro sofre um aumento acentuado tendendo a se estabilizar com a total maturação do fruto e início da senescência. A região no gráfico com incremento acentuado indica que as alterações metabólicas nesta fase do amadurecimento se processam mais rapidamente. A estimativa em nível de terceiro grau oferece um resultado mais confiável, pois este é o comportamento que se espera na maturação de um fruto, ou seja, o teor de açúcar aumenta gradualmente, resultado este aceitável, uma vez que o coeficiente de determinação foi igual a 92,58% para a estimativa de grau três contra 91,43% da estimativa quadrática. Outra observação é que, na estimativa quadrática (Figura 4.17) o teor de sólidos solúveis totais tem, inicialmente, um decréscimo, o que não se confirma na observação prática dos agentes investigados.

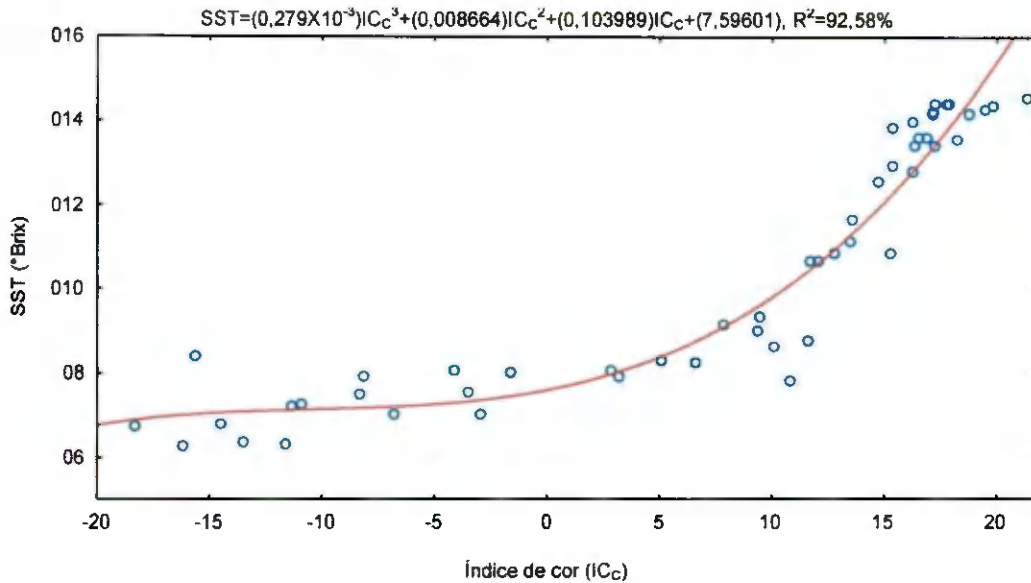


Figura 4.16 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação de grau três

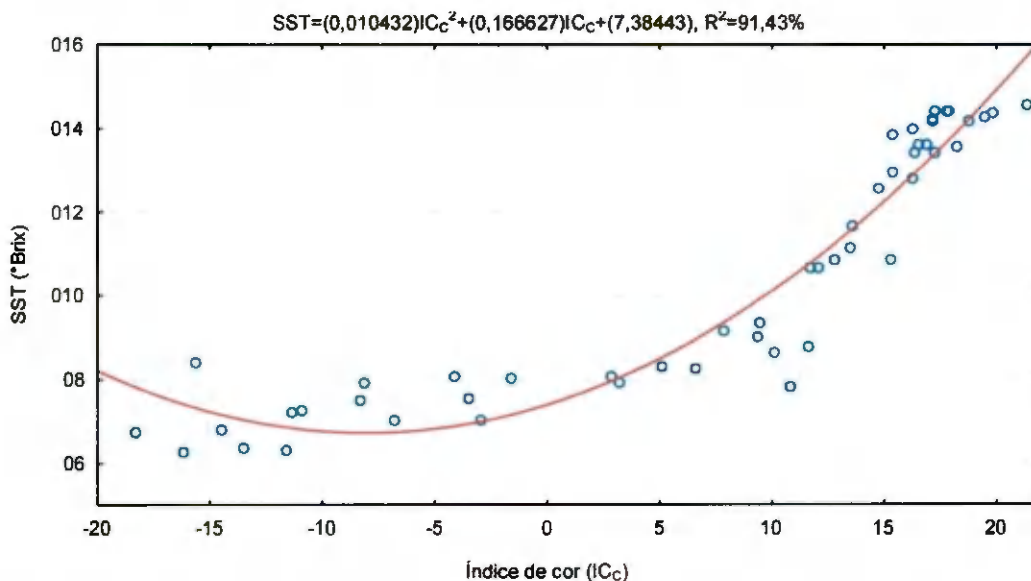


Figura 4.17 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática

Vê-se, nas Figuras 4.18 e 4.19, os gráficos dos valores médios dos índices de cor versus sólidos solúveis totais e as curvas de ajuste das equações de 2° e 3° graus. Constatase que o comportamento dos valores médios é idêntico ao das repetições apresentadas nas Figuras 4.16 e 4.17. Os valores dos coeficientes de determinação foram iguais a 98,78% para equação de grau três e 95,10% para equação quadrática.

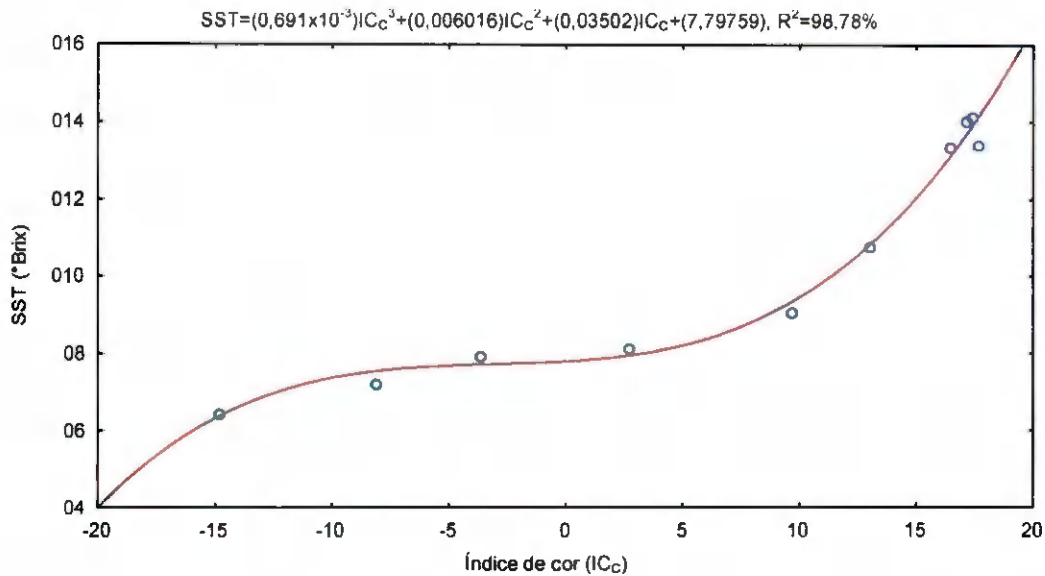


Figura 4.18 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST), em função do índice de cor da casca (IC_C) e ajuste por equação de grau três

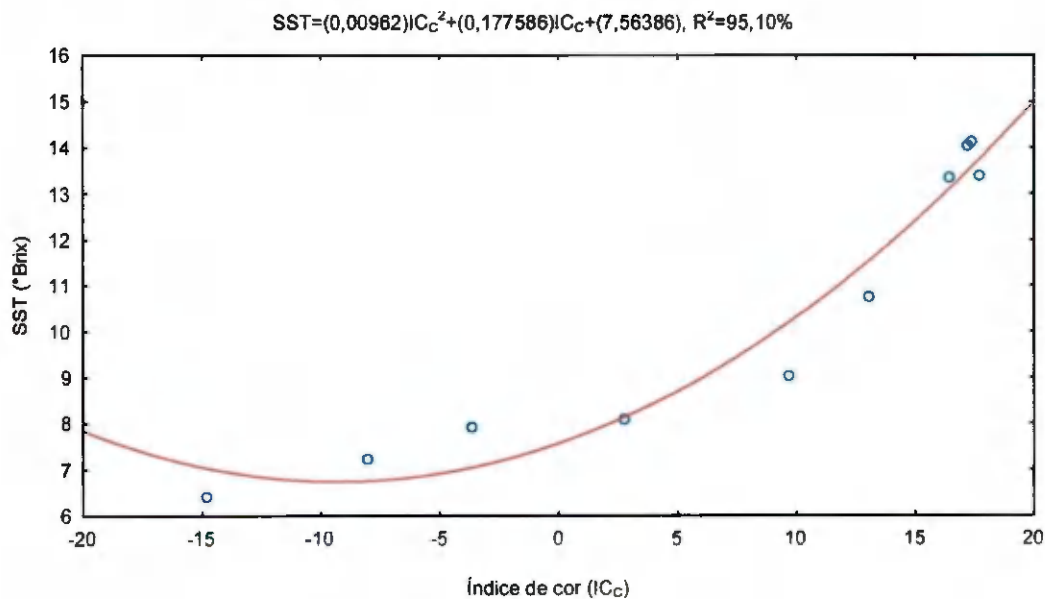


Figura 4.19 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática

Também se estimou, para a polpa a relação entre o índice de cor e o teor de sólidos solúveis totais, tendo-se encontrado melhor ajuste para a função do terceiro grau (Figura 4.20), com coeficiente de determinação igual a 91,73% (comportamento também sigmoidal). Para essa estimativa, inicialmente o teor de sólidos solúveis totais decresce, o que é uma incoerência, tendo em vista os fenômenos que ocorrem na maturação da maioria das frutas.

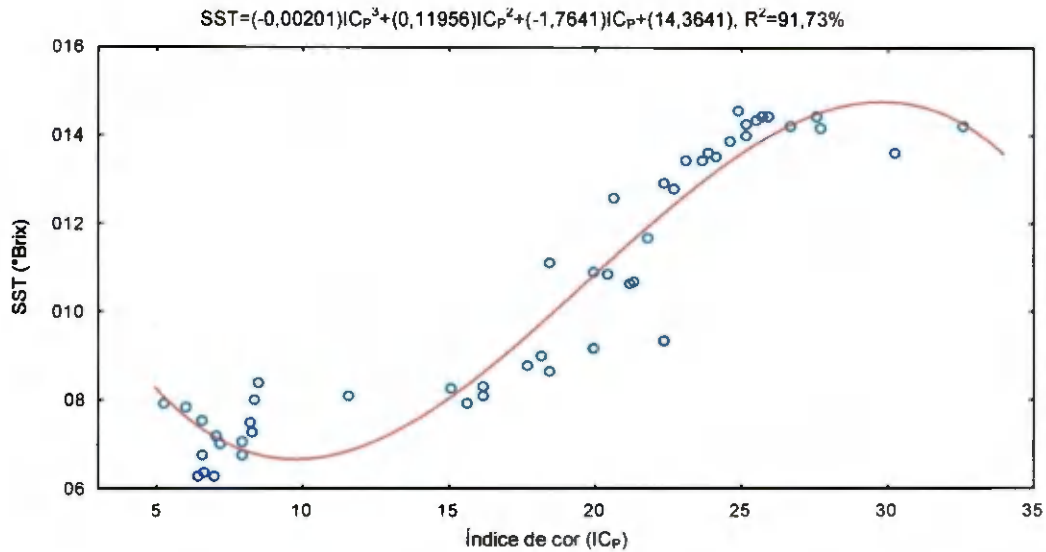


Figura 4.20 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação de grau três

Mostra-se, na Figura 4.21, o ajuste feito com equação quadrática dos sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa. Obteve-se, para esse ajuste, coeficiente de determinação igual a 86,34% e o comportamento dos dados se apresentou mais coerente, visto que o amadurecimento do mamão implica em alteração gradual da cor de verde para amarela e elevação do teor de sólidos solúveis totais (HONÓRIO, 1982).

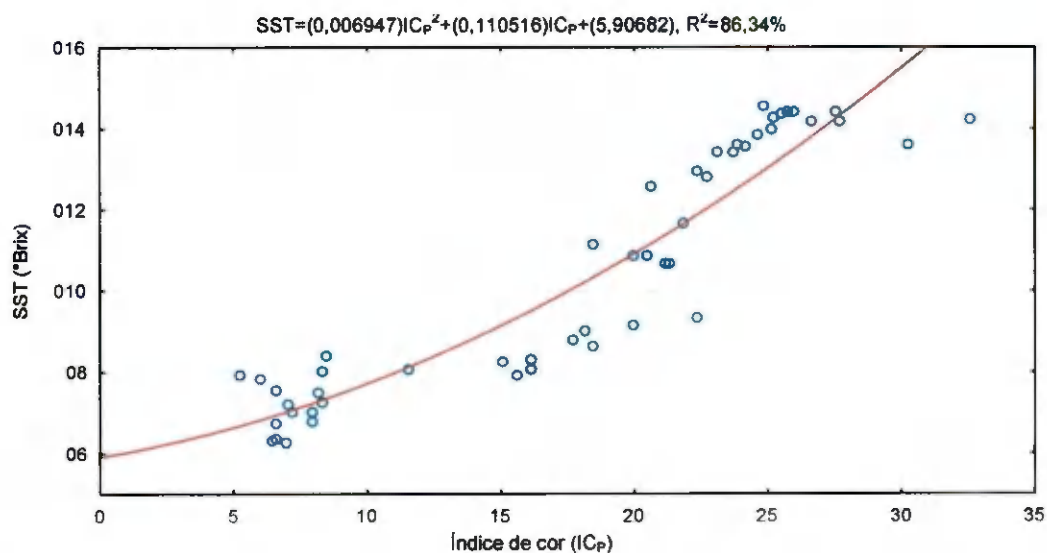


Figura 4.21 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática

Utilizando-se os valores médios do índice de cor da polpa IC_P e sólidos solúveis totais (SST) obteve-se, nas Figura 4.22 e 4.23, o mesmo comportamento mostrado nas Figuras 4.20 e 4.21. Encontrou-se, para um ajuste por equação de grau três, coeficiente de determinação igual a 95,34%. Para um ajuste por equação quadrática, o coeficiente de determinação foi igual 88,88%. O comportamento dos dados utilizando os valores médios para os ajustes por equação de grau três e dois, respectivamente, pode ser visto nas Figuras 4.22 e 4.23.

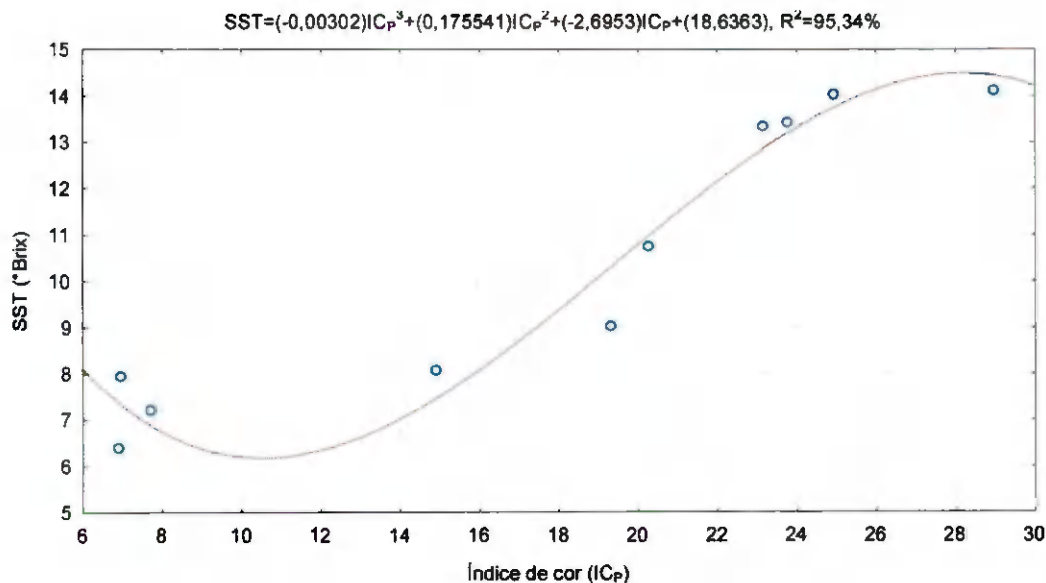


Figura 4.22 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação de terceiro grau

Os dados apresentados levam a se concluir que a melhor forma de estimar o amadurecimento do mamão levando-se em consideração a cor, é fazer análise sobre a casca, haja vista ter apresentado melhor adequação aos ajustes. Para os exemplares de mamão a melhor relação entre cor da casca e teor de sólidos solúveis totais é obtida por uma função do terceiro grau e o comportamento da relação é sigmoidal.

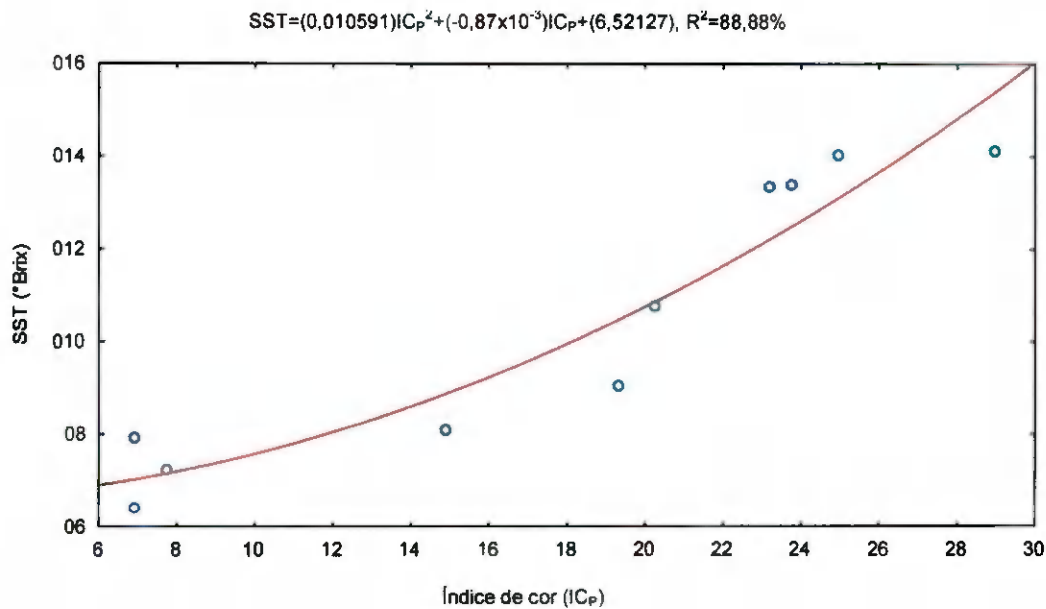


Figura 4.23 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática

Constata-se, nas Figuras 4.24 e 4.25, o comportamento da variação do pH como função do índice de cor da casca e da polpa utilizando-se um ajuste com equação linear e, nas Figuras 4.26 e 4.27, com equação quadrática.

Conforme as Figuras 4.24 a 4.27, conclui-se que não há uma relação nítida entre essas duas variáveis; o que se percebe é apenas tendência ao decréscimo dos valores de pH, ou seja, com o amadurecimento do mamão a acidez é ligeiramente aumentada. Obteve-se, com um ajuste linear, valor de coeficiente de determinação igual a 41,50% para a relação do pH com o índice de cor da casca e 56,53% para a relação com o índice de cor da polpa e, com um ajuste por equação quadrática, obtiveram-se coeficientes de determinação iguais a 41,50 e a 56,61% para a relação do pH com os índices de cor da casca e polpa, respectivamente.

Acham-se, nas Figuras de 4.28 a 4.31, os gráficos dos valores médios dos índices de cor versus pH e as curvas de ajuste das equações de 1º e 2º graus. Constata-se que o comportamento dos valores médios é idêntico ao das repetições apresentadas nas Figuras 4.24 a 4.27. Os valores dos coeficientes de determinação para a relação entre índice de cor da casca (IC_C) e pH foram iguais a 59,87% e 61,14% para equação linear e quadrática, respectivamente, enquanto para a relação entre índice de cor da polpa (IC_P) e pH foram iguais a 68,66% para as equações linear e quadrática.

Pelo comportamento dos dados coletados de pH e do índice de cor da casca e da polpa, não se pode afirmar com clareza se existe uma relação entre ambos; o que se percebe é um decréscimo no seu valor, porém, com uma variação elevada.

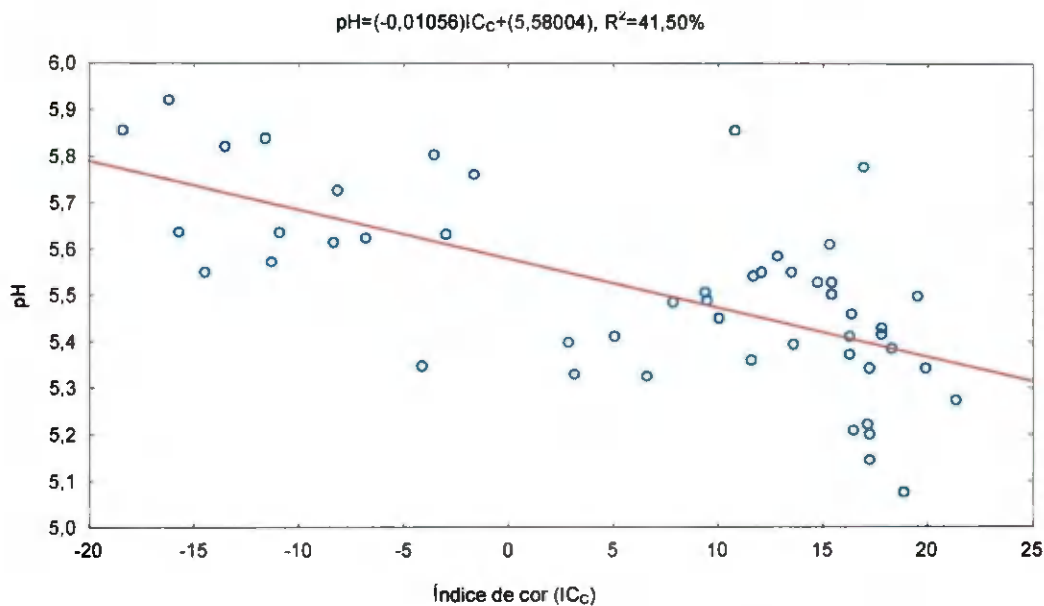


Figura 4.24 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação linear

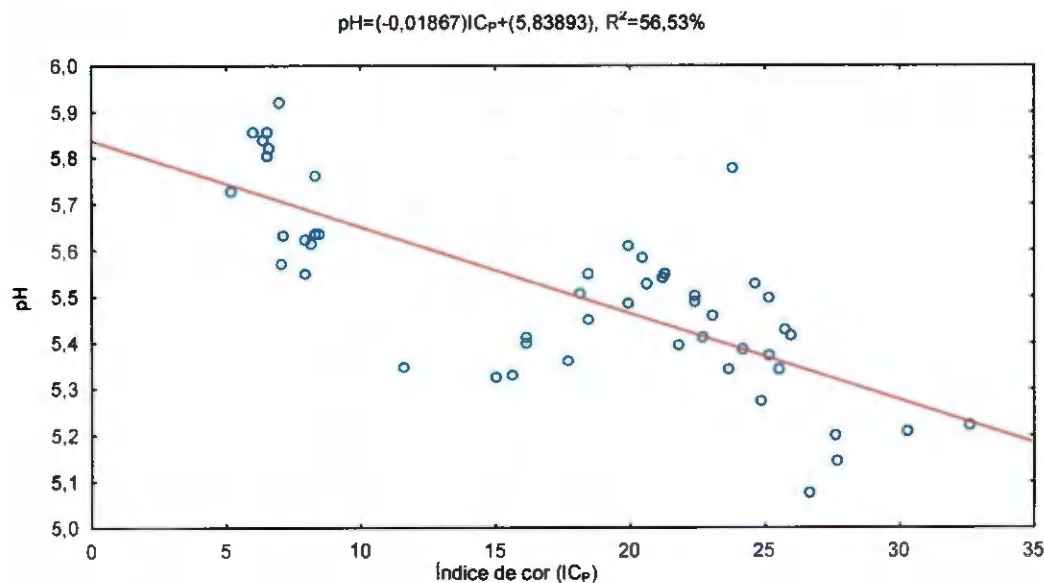


Figura 4.25 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação linear

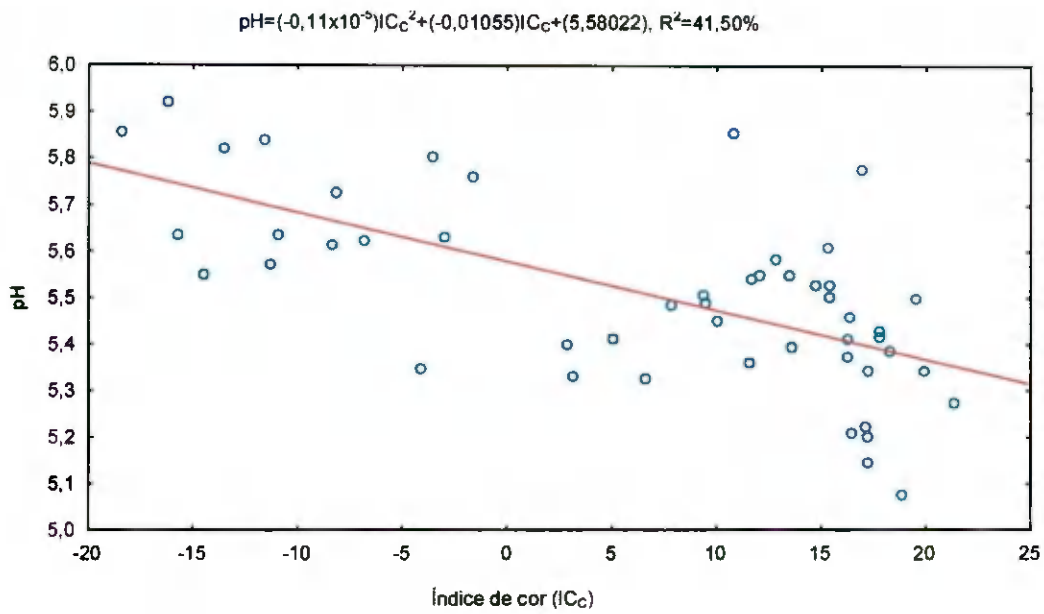


Figura 4.26 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da casca (IC_C) do mamão e ajuste por equação quadrática

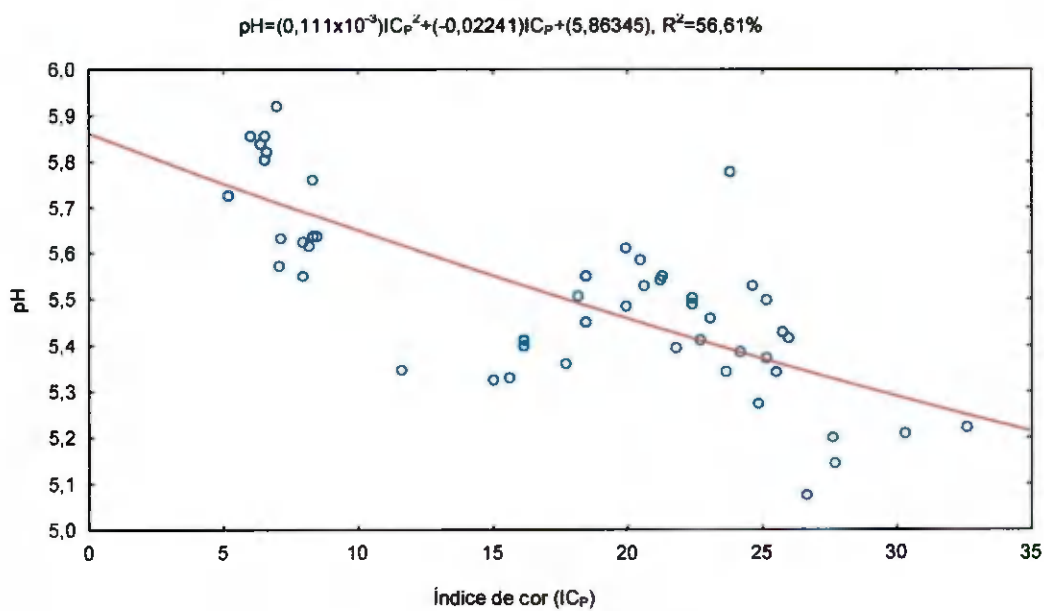


Figura 4.27 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática

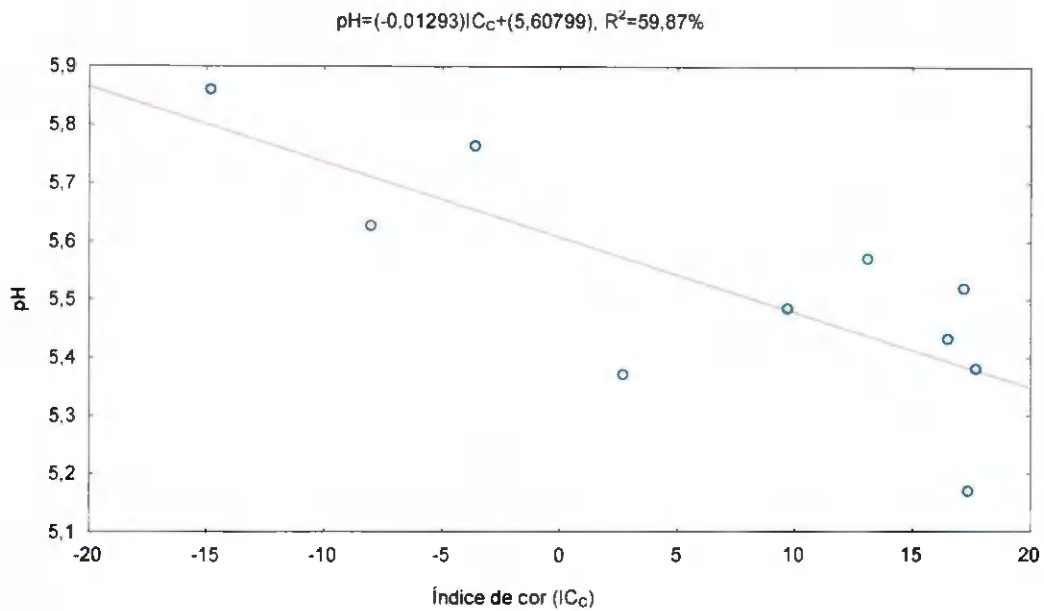


Figura 4.28 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_c) do mamão e ajuste por equação linear

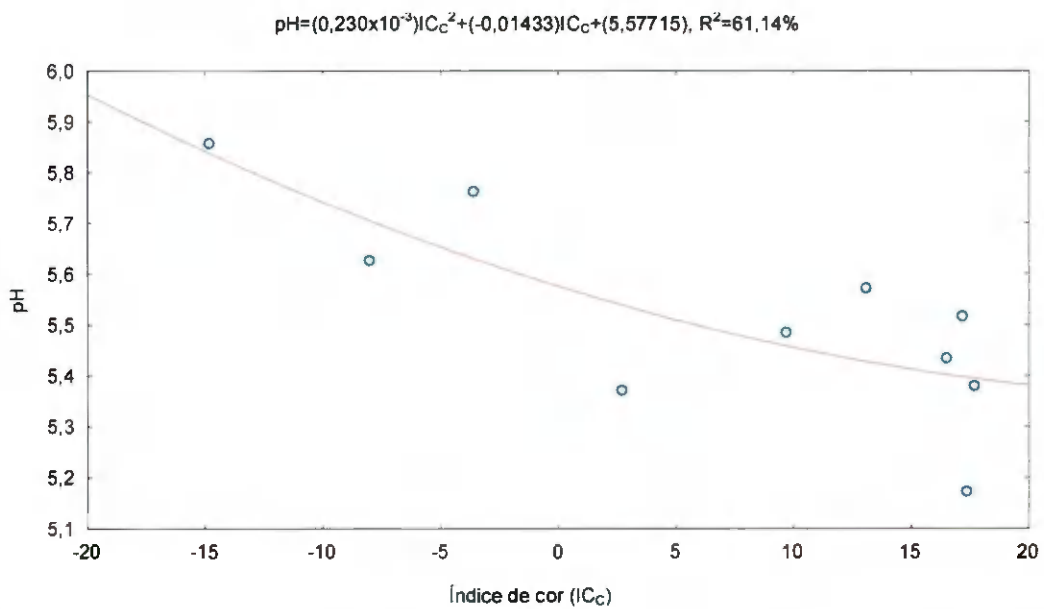


Figura 4.29 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_c) do mamão e ajuste por equação quadrática

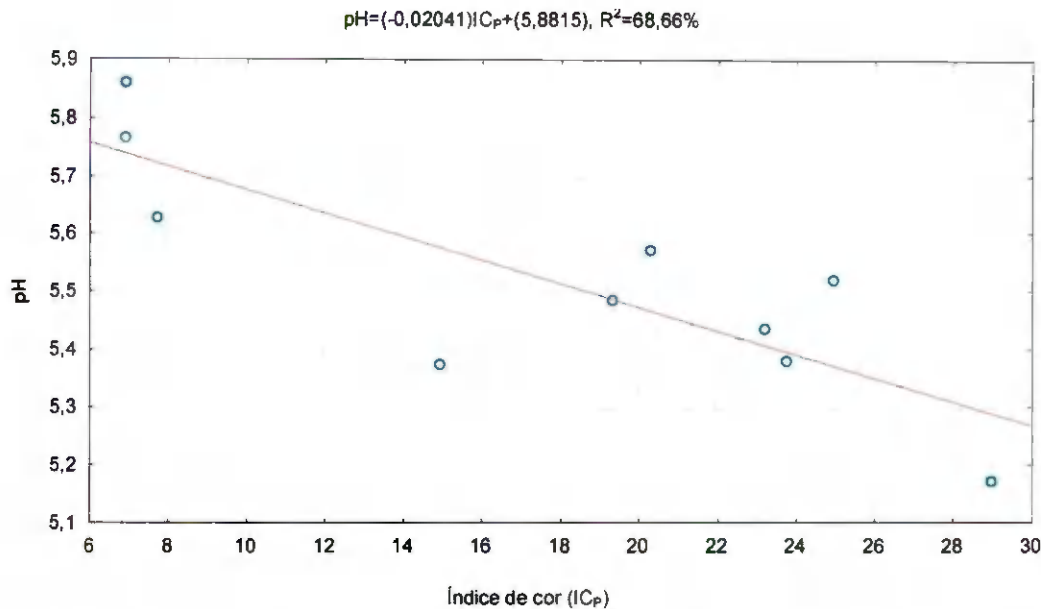


Figura 4.30 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação linear

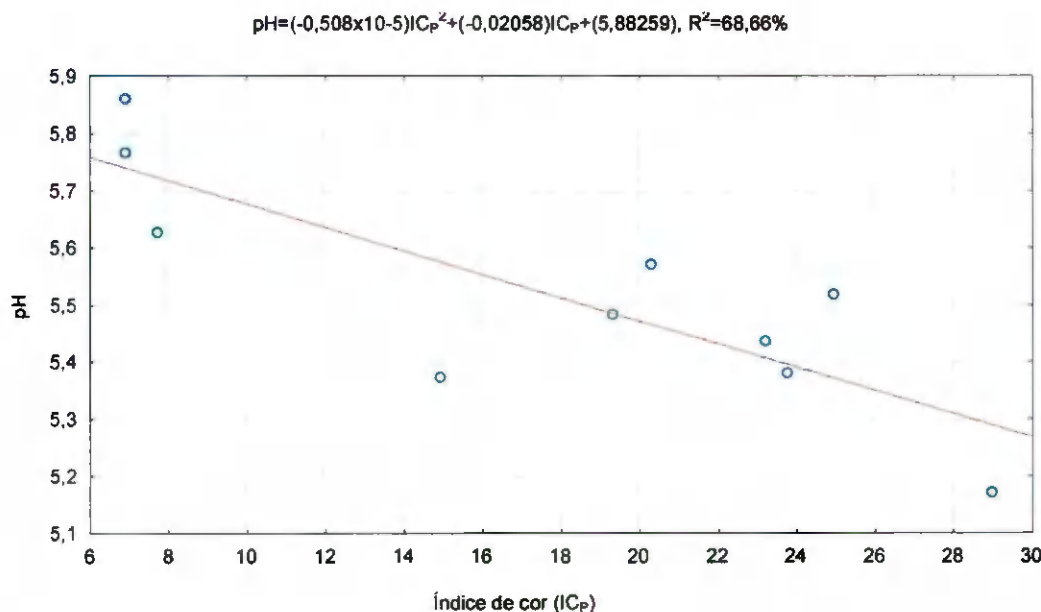


Figura 4.31 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) do mamão e ajuste por equação quadrática

Os resultados obtidos estão próximos aos determinados por HONÓRIO (1982), quando estudou a fisiologia pós-colheita de mamão Havaí, encontrando valores de pH entre 4,7 e 5,45 e valores de sólidos solúveis totais entre 8,17 e 10,86 °Brix, notando que, com o avanço do estágio de maturação, o pH sofre ligeiro decréscimo enquanto, os sólidos solúveis tendem a aumentar.

Relacionando-se os três parâmetros estudados nos exemplares de mamão: IC_C , SST e pH, pode-se obter uma superfície que demonstre seu comportamento durante o amadurecimento, comportamento este que pode ser visto na Figura 4.27. Percebe-se que, a partir de certo ponto, quando a cor da casca se apresenta uniformemente amarela, o teor de sólidos solúveis totais tem incremento acentuado, ou seja, inicialmente os processos metabólicos são de forma lenta e acelerados com a maturação cujo progresso transcorre com maior intensidade no estágio em que a cor da casca se apresenta inteiramente amarela.

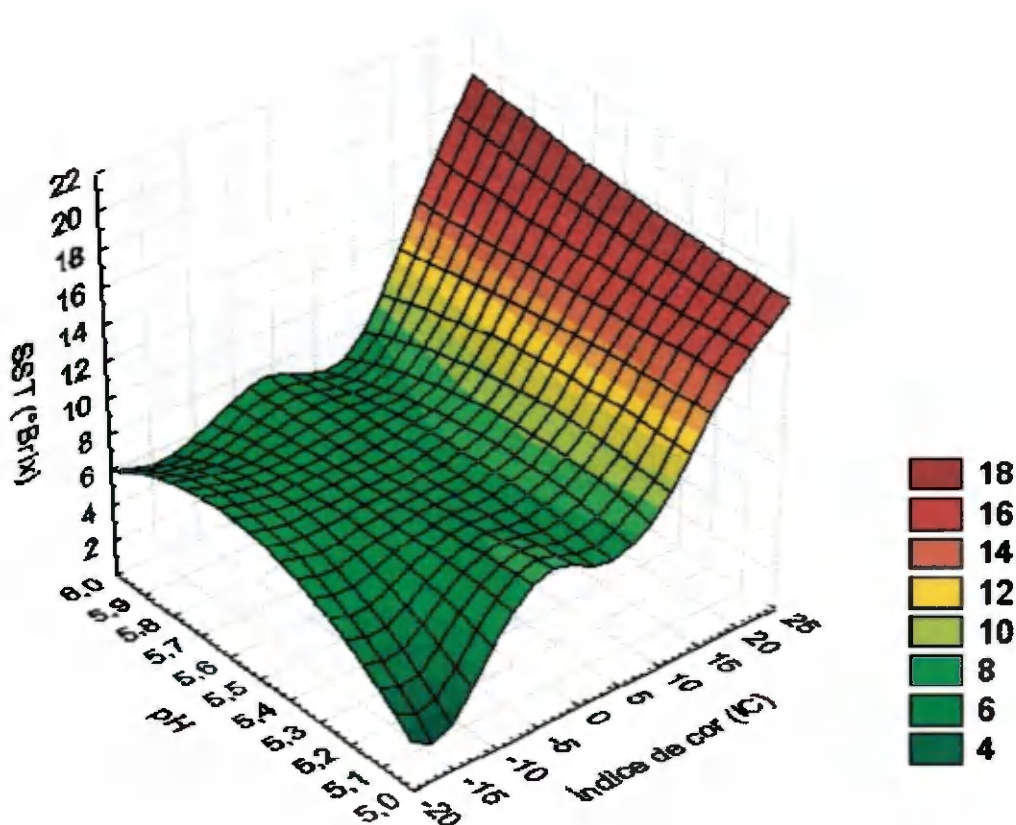


Figura 4.32 – Valores experimentais do pH e sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) para os exemplares de mamão

4.4 – Utilização do colorímetro construído para determinação das cores em goiaba

As cores da parte externa da casca e da polpa das goiabas foram determinadas com o colorímetro construído; as refletâncias da casca e da polpa das amostras foram calculadas pela Equação 3.1, que relaciona as tensões medidas na amostra e na amostra padrão de magnésio. Os dados médios de tensão e refletância para a primeira leitura do primeiro

exemplar de goiaba podem ser observados na Tabela 4.14 e, na Tabela B.3 (Apêndice B), os dados médios de tensão e refletância para as leituras em todos os exemplares de goiaba.

Tabela 4.14 – Valores de tensão e refletância para primeira leitura do primeiro exemplar de goiaba (G1/1), em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

	Amostra	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Tensão média (V)	Magnésio	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
	Casca	0,27	0,67	1,23	0,88	0,90	2,06	1,68
	Polpa	0,44	1,06	1,10	0,96	1,21	3,30	2,92
Refletância (%)	Casca	17,08	14,99	29,08	42,72	43,85	42,28	41,67
	Polpa	27,71	23,79	26,00	46,76	58,58	67,69	72,19

Acham-se, na Figura 4.33, os comportamentos espectrais (para os sete comprimentos de onda utilizados), da casca e polpa para a amostra G1/1 do primeiro exemplar de goiaba. Diferentemente do mamão, a cor da casca e polpa para este exemplar de goiaba apresentou diferenças significativas para as regiões do espectro correspondentes ao violeta, azul e vermelho, devido a cor da casca da goiaba variar de verde a amarelo, enquanto a cor da polpa varia de levemente rosada a vermelha com o amadurecimento, fato evidenciado pelo comportamento espectral, sobretudo na região de comprimento de onda relativo à cor vermelha.

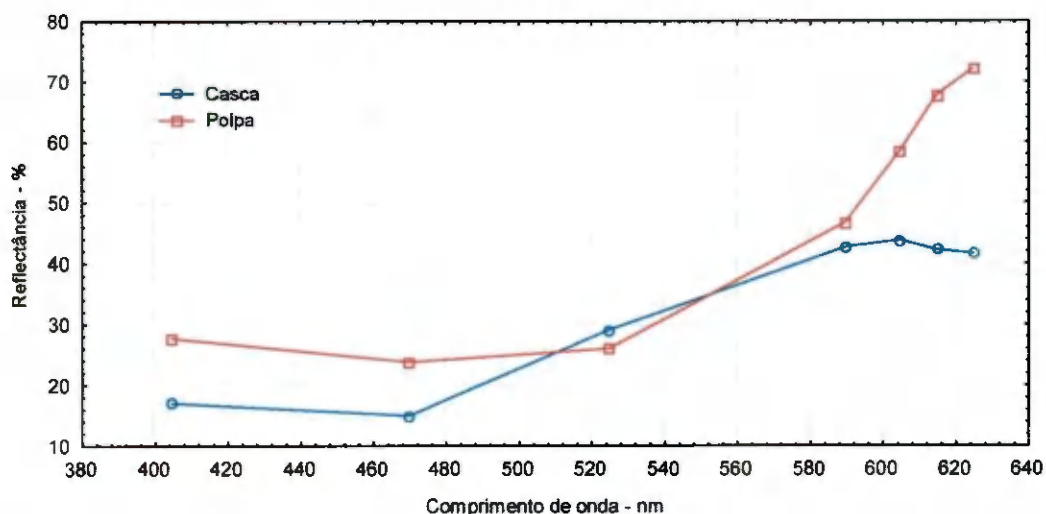


Figura 4.33 – Refletâncias da casca e polpa da amostra de goiaba G1/1 em função do comprimento de onda

Da mesma forma que para o mamão, os valores XYZ (Equações 3.4 a 3.7), foram calculados, feitas as conversões para o sistema de cor L*a*b* (Equações 2.12 a 2.14) e

calculados também os índices de cor (Equação 3.8). Os valores médios obtidos para o primeiro exemplar de goiaba podem ser vistos na Tabela 4.15 e, para todos os exemplares, na Tabela B.4 (Apêndice B).

Percebe-se que os valores médios de IC para casca e polpa da goiaba se apresentaram diferentes, o que já era esperado, uma vez que o amadurecimento da goiaba implica em alteração da cor da casca, de verde a amarelo, enquanto a polpa muda de tom levemente rosado a vermelho. Com o amadurecimento, a diferença de cor existente entre a casca e polpa também se torna menos expressiva; quando a cor da casca da goiaba é verde sua polpa tem cor levemente rosada (IC igual a -6,64 para a casca e 18,51 para a polpa, o que dá uma diferença no índice de cor de 25,15 – amostra G2/2 da Tabela B.4 – Apêndice B), quando a casca tem cor amarelada (goiaba madura) sua polpa tem cor avermelhada (IC igual a 13,97 para a casca e 25,52 para a polpa, o que mostra uma diferença no índice de cor, de 11,55 – amostra G1/1 da Tabela 4.15).

Tabela 4.15 – Valores dos parâmetros L*a*b* e do índice de cor (IC) para a goiaba G1

Amostra		L*	a*	b*	IC
G1/1	Casca	65,38	16,06	31,28	13,97
	Polpa	68,84	40,26	21,89	25,52
G1/2	Casca	75,45	22,78	41,08	12,86
	Polpa	65,46	45,33	23,84	27,09
G1/3	Casca	75,34	19,85	41,54	11,45
	Polpa	66,15	41,54	22,19	26,67
G1/4	Casca	69,83	30,95	38,94	17,82
	Polpa	63,08	44,49	23,54	28,03
G1/5	Polpa homogeneizada	58,95	44,16	22,10	30,34

4.4.1 – Sólidos solúveis totais e pH

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e o pH foram determinados nas diferentes partes da goiaba; os valores médios para o exemplar 1 de goiaba podem ser vistos na Tabela 4.16; o mesmo procedimento foi repetido para os demais exemplares e os resultados são apresentados no Apêndice B (Tabela B.4).

Tabela 4.16 – Valores médios de pH e °Brix para o exemplar de goiaba G1

Leitura	pH	°Brix Corrigido
G1/1	3,77	9,49
G1/2	3,75	9,56
G1/3	3,75	10,07
G1/4	3,78	11,64
G1/5	3,77	10,36
Média	3,76	10,22
Desvio padrão	0,01	0,87

4.4.2 – Relação entre a cor da casca e da polpa da goiaba e o teor de sólidos solúveis totais e pH

Mostra-se, na Tabela 4.17, os dados de índice de cor, pH e °Brix para casca e polpa dos exemplares de goiaba.

Tabela 4.17 – Valores de índice de cor, °Brix e pH nas diversas partes dos exemplares de goiaba

Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix	pH	Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix	pH
G1/1	13,97	25,52	9,49	3,77	G2/1	-4,62	19,09	11,92	4,02
G1/2	12,86	27,09	9,56	3,75	G2/2	-6,64	18,51	11,77	4,05
G1/3	11,45	26,67	10,07	3,75	G2/3	-5,14	20,32	11,48	4,02
G1/4	17,82	28,03	11,64	3,78	G2/4	-6,45	19,89	11,76	4,06
G3/1	-5,08	10,24	11,95	3,92	G7/1	0,51	18,57	10,46	3,74
G3/2	-9,42	10,31	9,76	3,85	G7/2	4,01	26,31	10,43	3,68
G3/3	-9,43	11,63	9,63	3,90	G7/3	-3,30	19,92	10,20	3,62
G3/4	-5,55	11,53	10,48	3,84	G7/4	-2,94	20,23	9,94	3,62
G4/1	-10,31	9,10	9,46	3,84	G8/1	10,49	25,84	10,57	3,55
G4/2	4,47	12,91	8,99	3,81	G8/2	12,31	28,11	10,00	3,62
G4/3	-3,43	9,34	10,36	3,78	G8/3	10,81	24,76	10,44	3,54
G4/4	-7,16	11,86	10,19	3,84	G8/4	10,86	25,02	10,35	3,48
G5/1	-5,02	13,07	7,37	3,92	G9/1	9,22	22,70	9,80	3,74
G5/2	6,75	10,06	8,87	4,00	G9/2	8,59	24,74	9,84	3,71
G5/3	-3,24	12,97	9,35	3,89	G9/3	8,42	25,73	9,73	3,74
G5/4	-1,28	20,48	9,45	3,84	G9/4	11,84	23,75	9,60	3,73
G6/1	-2,25	19,51	10,42	3,64	G10/1	11,65	24,81	9,49	3,76
G6/2	-5,75	18,41	10,41	3,66	G10/2	12,85	25,02	9,06	3,75
G6/3	-4,85	19,31	10,39	3,65	G10/3	11,34	24,74	8,81	3,76
G6/4	-4,68	18,06	10,33	3,67	G10/4	11,67	24,48	8,81	3,79

A partir dos 40 valores obtidos dos 10 exemplares de goiaba (Tabela 4.17), para o teor de sólidos solúveis totais em função do índice de cor da casca (IC_C), duas estimativas foram realizadas, uma com equação do primeiro grau (Figura 4.34) e a outra utilizando uma

equação do segundo grau (Figura 4.35). A observação do comportamento dos pontos revela que a maturação da goiaba, representada pela alteração da cor da casca e teor de sólidos solúveis totais, não apresenta qualquer relação entre esses dois parâmetros, o que pode ser percebido pelos valores de 5,67 e 7,12% dos coeficientes de determinação para os modelos de regressão linear e quadrático, respectivamente; os referidos resultados podem ser constatados nas Figuras 4.34 e 4.35.

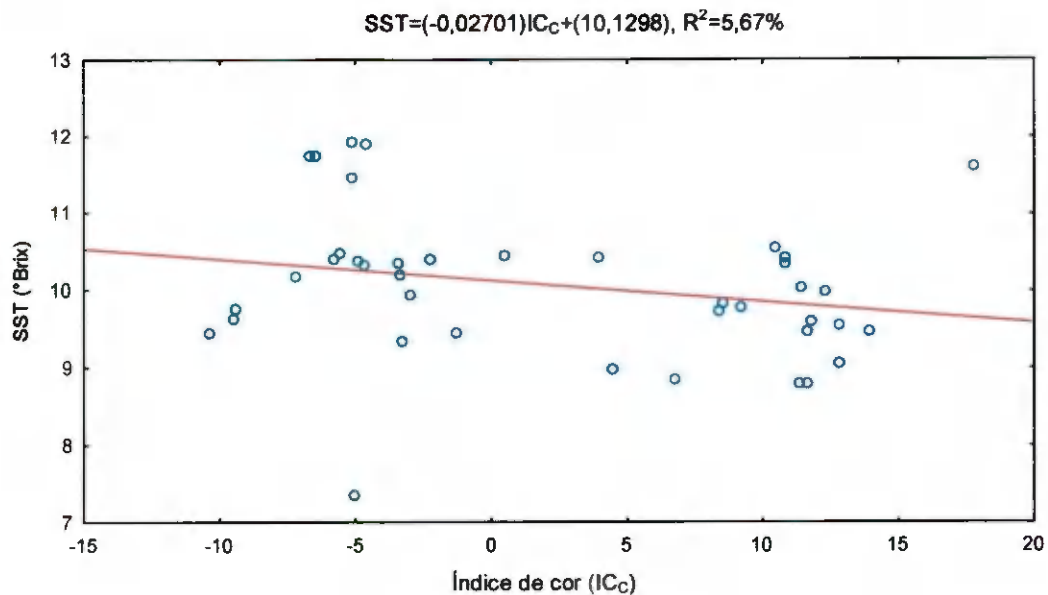


Figura 4.34 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) da goiaba e ajuste por equação linear

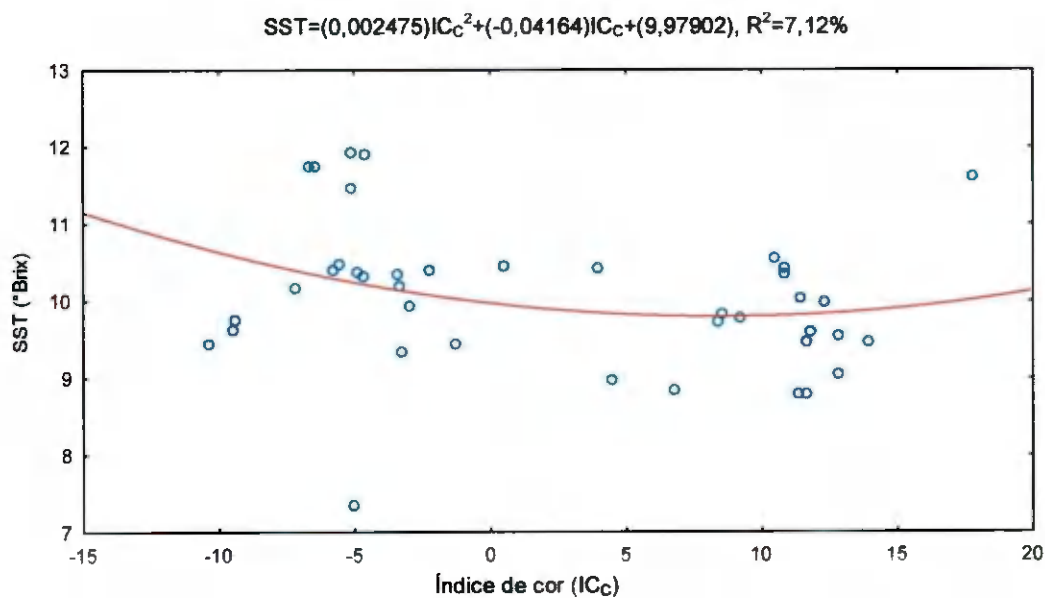


Figura 4.35 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) da goiaba e ajuste por equação quadrática

Tem-se, na Tabela 4.18, os valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH de cada exemplar de goiaba.

Tabela 4.18 – Valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e da polpa, para cada goiaba

Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix	pH	Polpa Homogeneizada		
					IC Polpa	°Brix	pH
G1	14,02	26,83	10,19	3,76	30,34	10,36	3,77
G2	-5,71	19,46	11,73	4,04	27,35	11,14	4,01
G3	-7,37	10,93	10,45	3,88	23,30	9,93	3,90
G4	-4,11	10,80	9,75	3,82	25,96	11,03	3,85
G5	-0,70	14,14	8,76	3,91	14,24	9,01	3,89
G6	-4,38	18,82	10,39	3,66	18,64	10,31	3,65
G7	-0,43	21,26	10,26	3,67	23,26	10,03	3,57
G8	11,12	25,93	10,34	3,55	29,10	9,94	3,55
G9	9,52	24,23	9,74	3,73	29,43	9,50	3,70
G10	11,88	24,76	9,04	3,76	29,10	9,40	3,74

Apresentam-se, nas Figuras 4.36 e 4.37, os gráficos dos valores médios de IC_C versus SST das goiabas com ajustes por equações linear e quadrática, respectivamente. A mesma conclusão avaliada com os valores para cada repetição, de que as referidas equações não podem representar os dados experimentais, pode ser também repetida pela observação dos valores médios, uma vez que apresentaram coeficientes de determinação iguais a 12,90% e 32,55% para ajustes linear e quadrático, respectivamente.

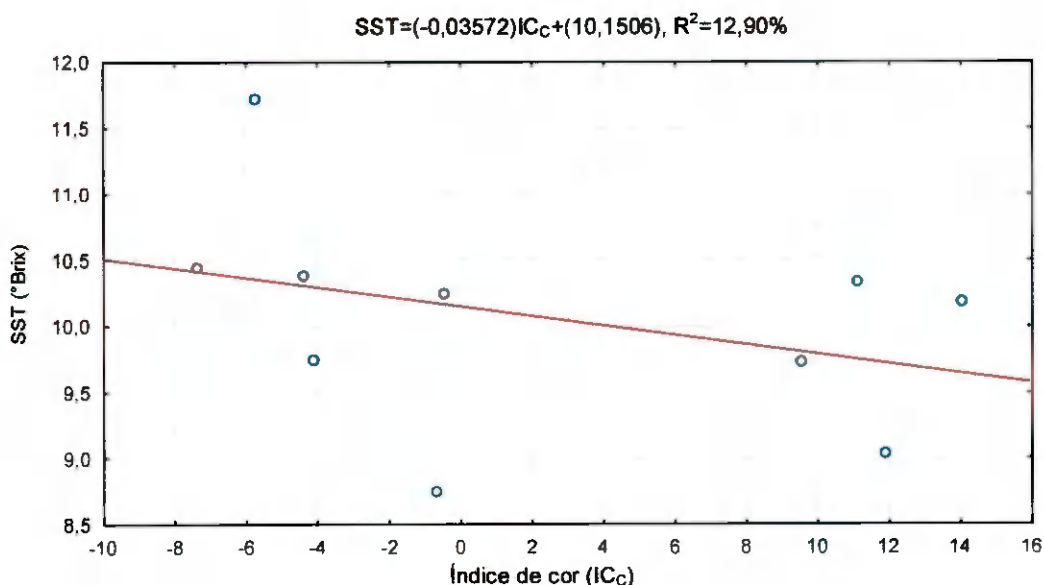


Figura 4.36 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação linear

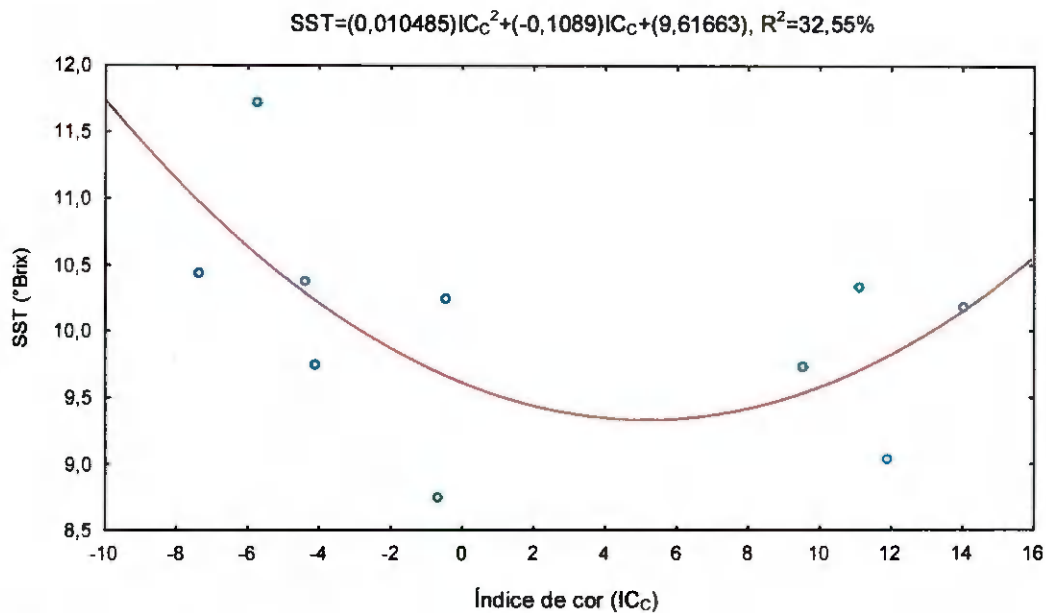


Figura 4.37 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação quadrática

O comportamento dos SST em função do IC da polpa da goiaba estimados por equações linear e quadrática, pode ser visto nas Figuras 4.38 e 4.39, nas quais se nota que não há relação entre o índice de cor da polpa e o teor de sólidos solúveis totais para os exemplares de goiaba, uma vez que os coeficientes de determinação encontrados foram 0,34 e 3,18% para os ajustes linear e quadrático, respectivamente.

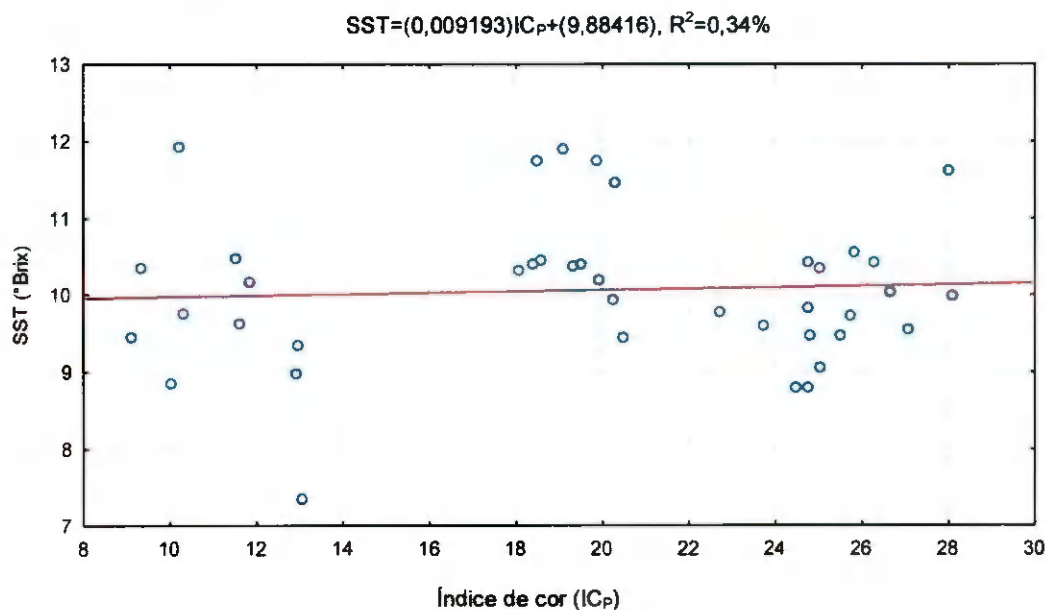


Figura 4.38 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação linear

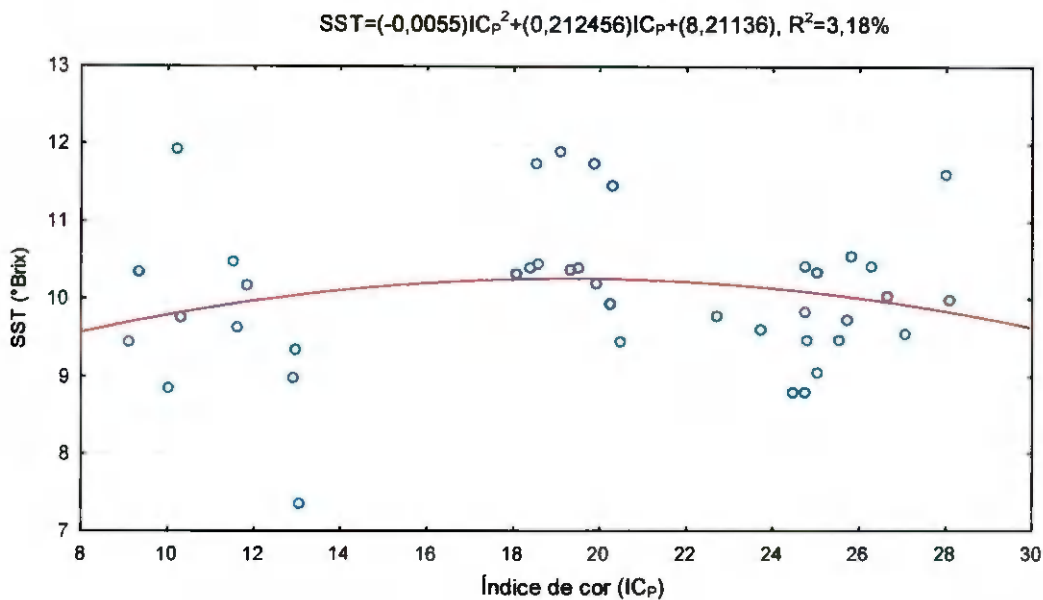


Figura 4.39 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação quadrática

O comportamento dos dados dos SST em função do IC_P da goiaba utilizando-se os valores médios com os ajustes por equação linear e quadrática, pode ser visto nas Figuras 4.40 e 4.41. Verifica-se o mesmo comportamento mostrado nas Figuras 4.38 e 4.39 mas com coeficientes de determinação iguais a 0,25 e 5,84%, respectivamente, para os ajustes linear e quadrático.

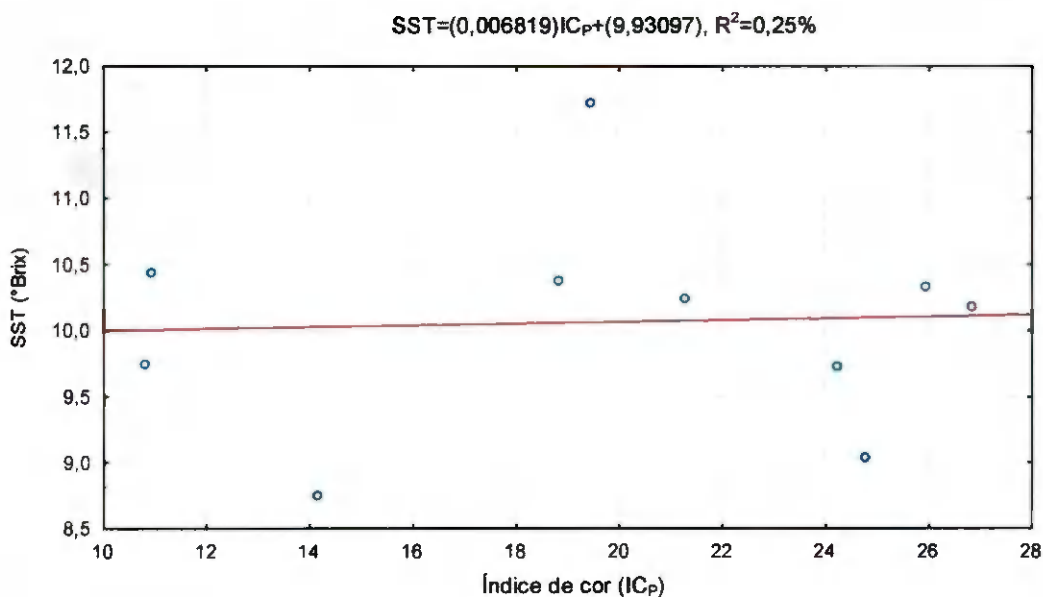


Figura 4.40 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação linear

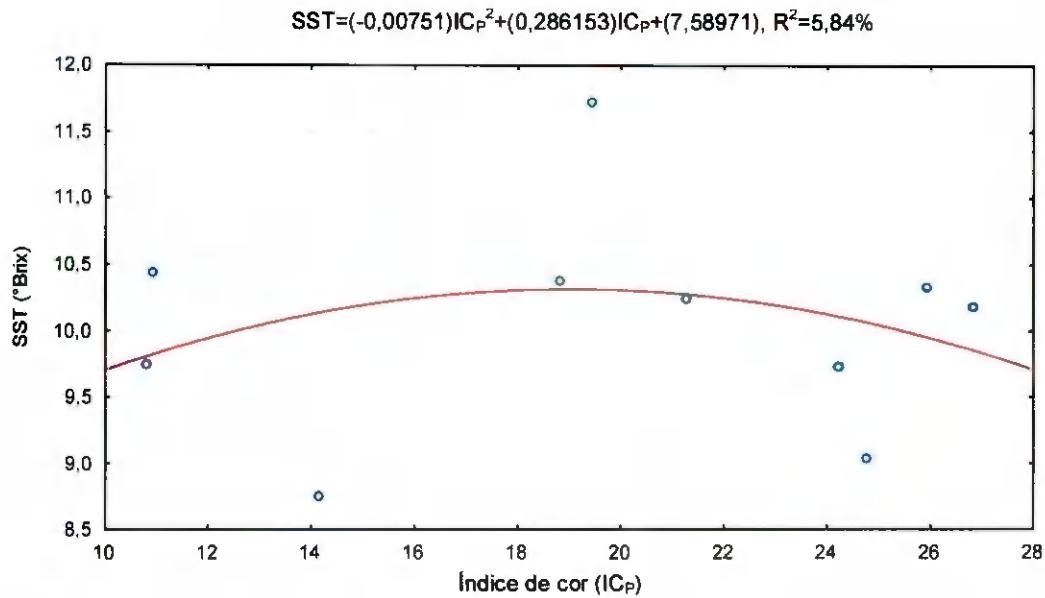


Figura 4.41 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação quadrática

Nas Figuras 4.42 e 4.43 pode-se ver o comportamento da variação do pH como função do índice de cor da casca e da polpa, utilizando-se um ajuste linear. Nas Figuras 4.44 e 4.45 se tem o comportamento do pH em função do índice de cor da casca e da polpa da goiaba e as curvas de ajuste por equação quadrática.

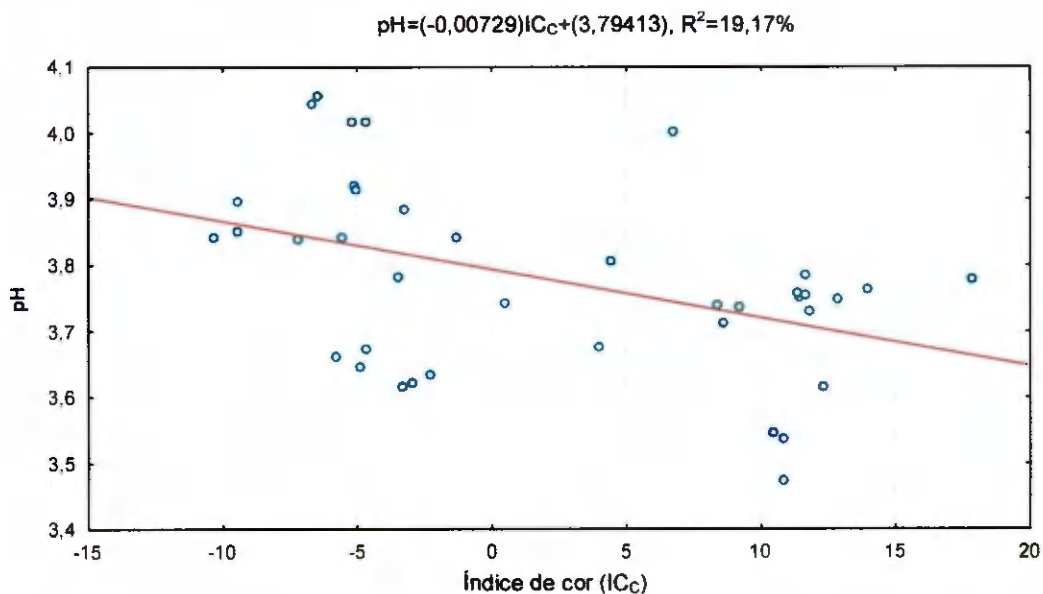


Figura 4.42 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação linear

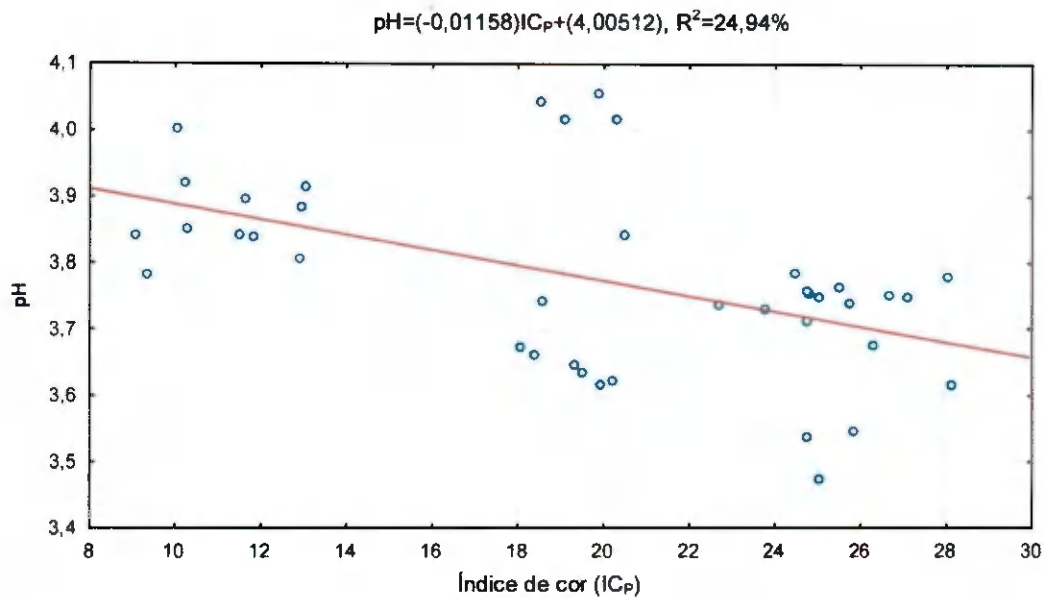


Figura 4.43 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação linear

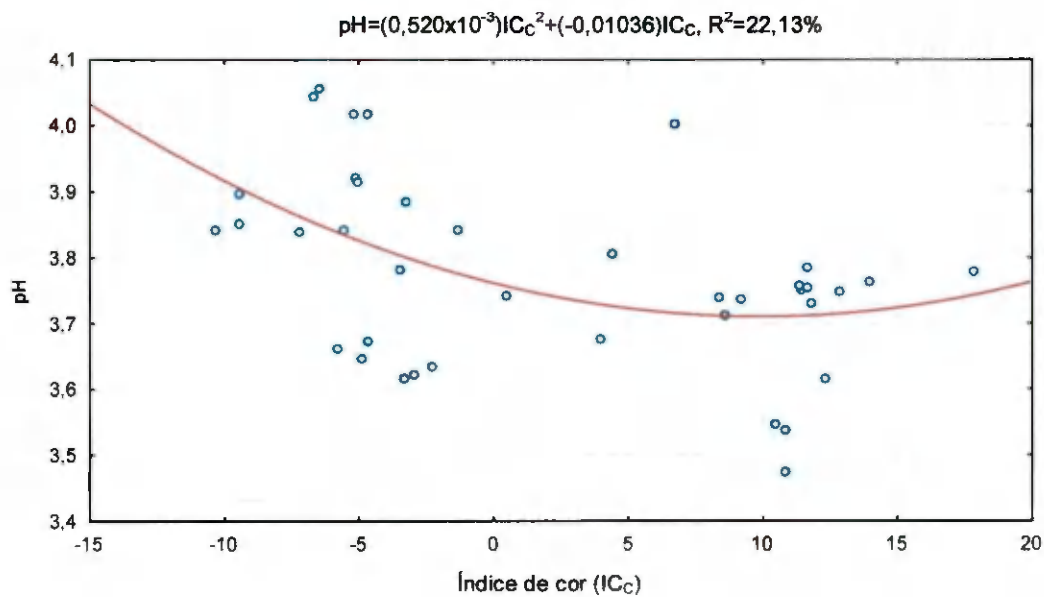


Figura 4.44 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da goiaba e ajuste por equação quadrática

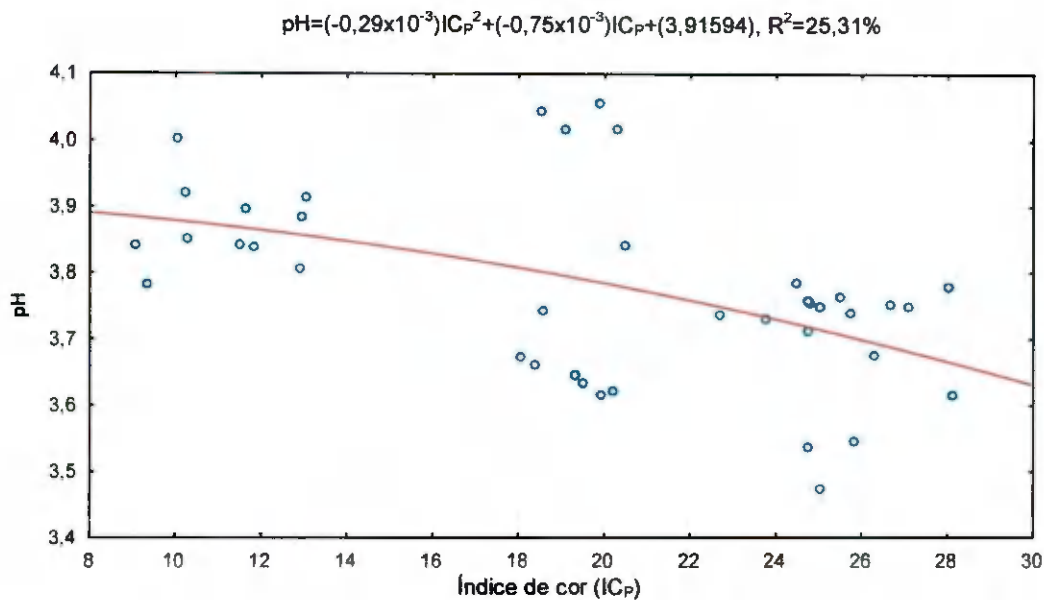


Figura 4.45 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da goiaba e ajuste por equação quadrática

Conforme as Figuras 4.42 a 4.45, não há uma relação nítida entre essas duas variáveis; o que se percebe é apenas tendência ao decréscimo dos valores de pH, semelhante ao que ocorreu com os exemplares de mamão, ou seja, com o amadurecimento, a acidez é ligeiramente aumentada. Obtiveram-se, com ajuste por equação de primeiro grau, valores do coeficiente de determinação iguais a 19,17 e 24,94% para a relação do pH com o índice de cor da casca e da polpa, respectivamente. Utilizando-se ajuste por equação quadrática, foram obtidos coeficientes de determinação iguais a 22,13 e 25,31% para a relação do pH com os índices de cor da casca e polpa, respectivamente.

Nota-se, nas Figuras de 4.46 a 4.49, os gráficos dos valores médios dos índices de cor versus pH e as curvas de ajuste das equações de 1º e 2º graus. Constata-se que o comportamento dos valores médios é idêntico ao das repetições apresentadas nas Figuras 4.42 a 4.45; os valores dos coeficientes de determinação para a relação entre índice de cor da casca (IC_C) e pH foram iguais a 24,95% e 32,04% para equação linear e quadrática, respectivamente; os valores dos coeficientes de determinação para a relação entre índice de cor da polpa (IC_P) e pH, foram iguais a 26,73% e 28,87% para as equações linear e quadrática, respectivamente.

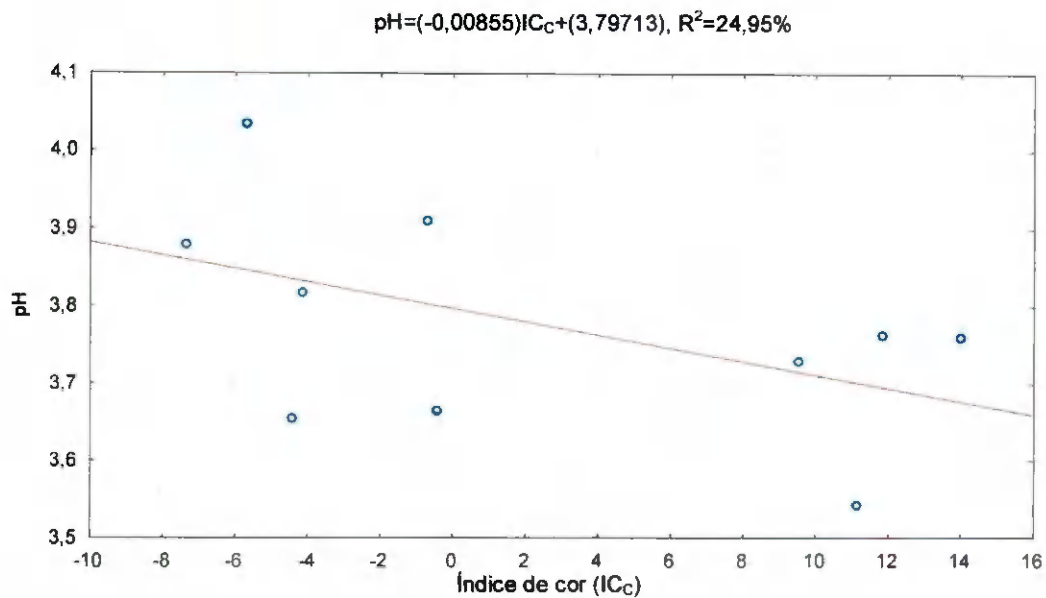


Figura 4.46 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_c) da goiaba e ajuste por equação linear

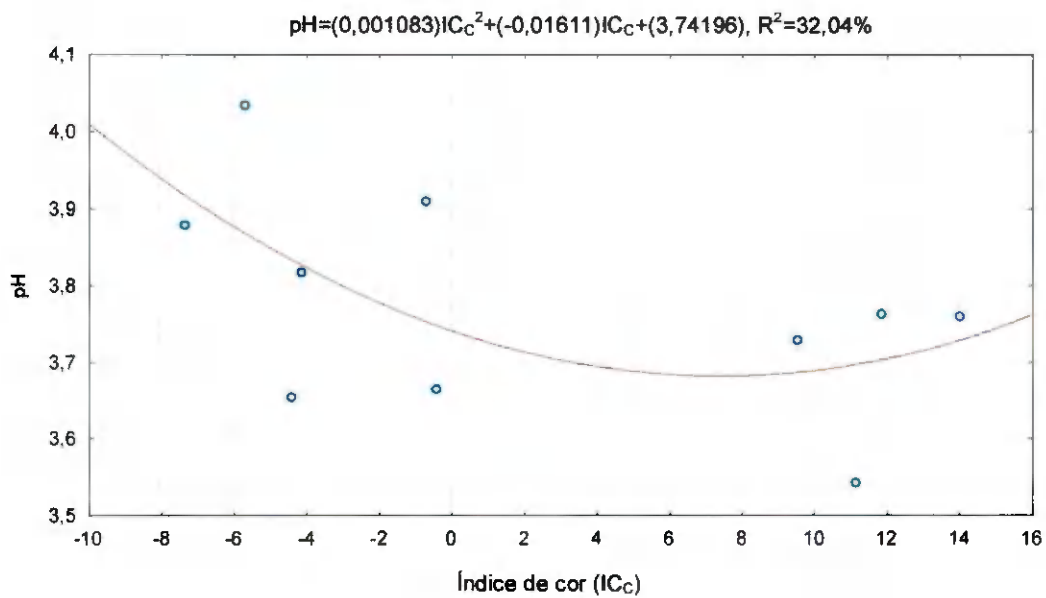


Figura 4.47 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da casca (IC_c) da goiaba e ajuste por equação quadrática

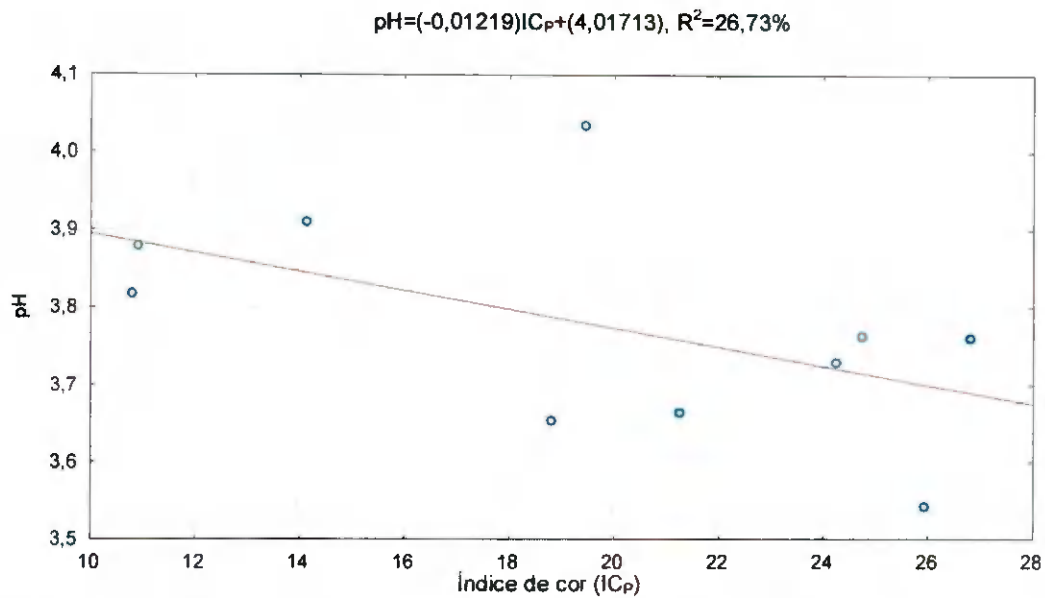


Figura 4.48 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) da goiaba e ajuste por equação linear

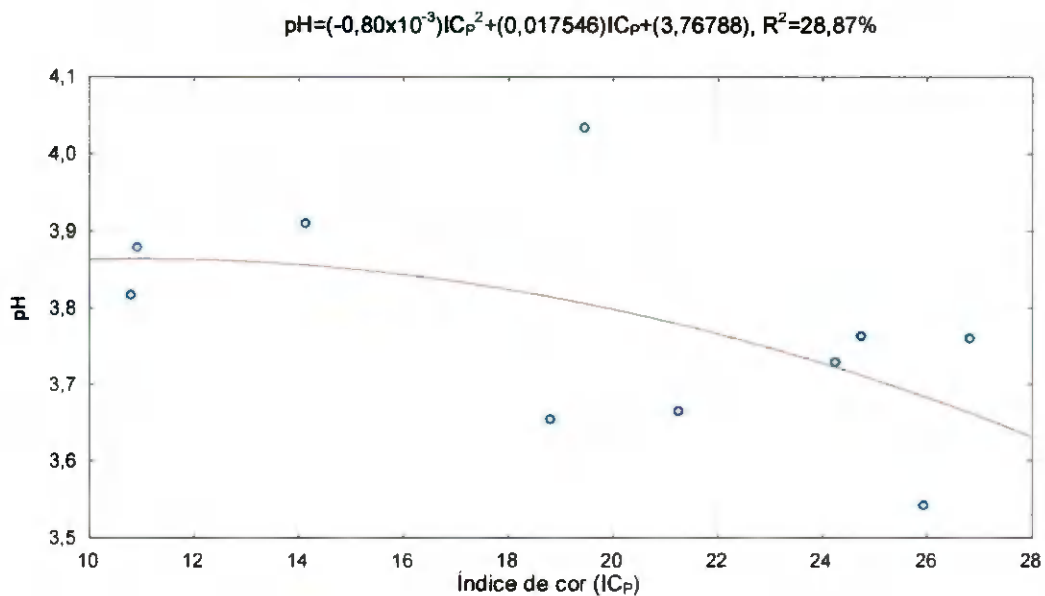


Figura 4.49 – Valores experimentais do pH médio em função do índice de cor da polpa (IC_P) da goiaba e ajuste por equação quadrática

Relacionando-se os três parâmetros estudados, IC_C, SST e pH, pode-se obter uma superfície que demonstre como se comporta a goiaba durante o amadurecimento; este comportamento pode ser visto na Figura 4.50. Percebe-se que não há uma relação aparente entre as variáveis envolvidas uma vez que, naturalmente, o comportamento da maturação

de frutas se dá de maneira uniforme, ou seja, um parâmetro como o teor de sólidos solúveis totais deve apresentar-se sempre crescente.

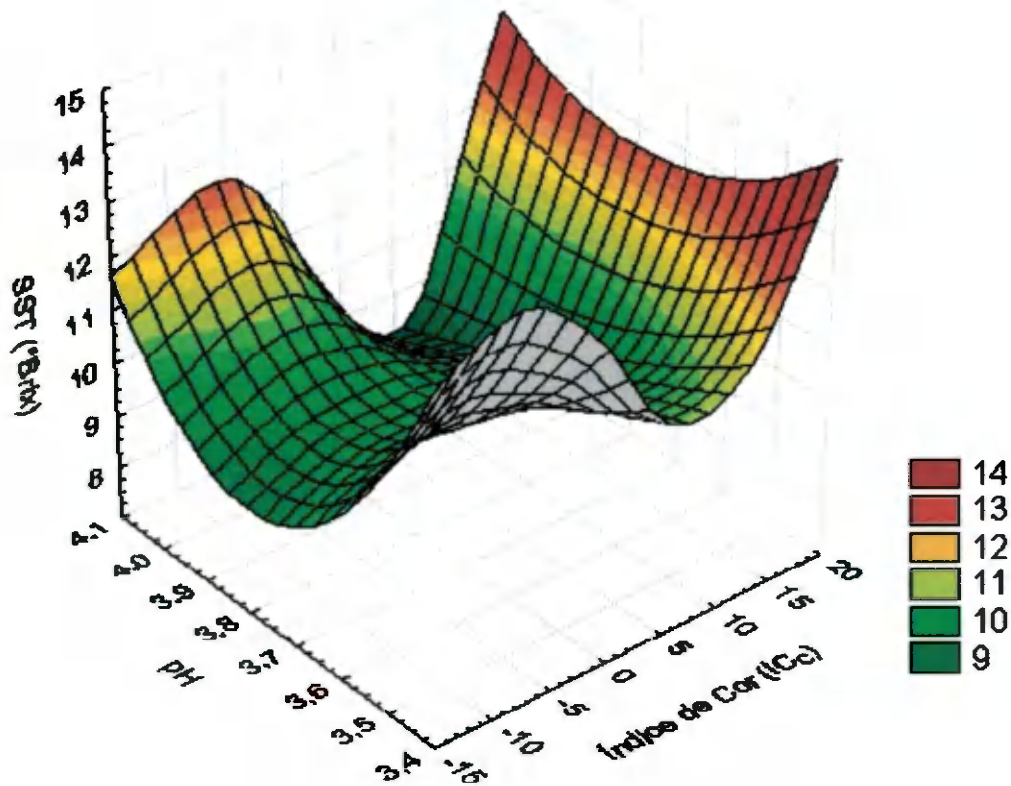


Figura 4.50 – Valores experimentais do pH e sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca para os exemplares de goiaba

Para os exemplares de goiaba não existe relação entre cor da casca ou da polpa e o teor de sólidos solúveis totais ou pH. Os dados apresentados levam a concluir que a cor da casca ou da polpa não é o parâmetro mais adequado para estimar o estágio de maturação dos exemplares de goiaba.

CAVALINI (2004) não encontrou, quando estudou goiabas Kumagai e Paluma, diferença significativa para o teor de sólidos solúveis totais entre 5 estádios de maturação, porém as goiabas mais verdes se apresentaram mais ácidas.

4.5 – Utilização do colorímetro construído para determinação das cores em manga

As cores da parte externa da casca e da polpa das mangas foram determinadas com o colorímetro construído. As refletâncias da casca e da polpa das amostras foram

calculadas pela Equação 3.1, que relaciona as tensões medidas na amostra e na amostra padrão de magnésio. Os dados médios de tensão e refletância para a primeira leitura do primeiro exemplar de manga podem ser observados na Tabela 4.19 e, na Tabela B.5 (Apêndice B), se observam os dados médios de tensão e refletância para as leituras, em todos os exemplares de manga.

Tabela 4.19 – Valores de tensão e refletância para primeira leitura do primeiro exemplar de manga (MG1/1), em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

	Amostra	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Tensão média (V)	Magnésio	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
	Casca	0,17	0,35	0,67	0,40	0,36	0,63	0,49
	Polpa	0,28	0,53	1,50	1,20	1,13	2,30	1,88
Refletância (%)	Casca	10,63	7,90	15,84	19,26	17,48	12,91	12,13
	Polpa	17,50	11,93	35,54	58,41	54,69	47,20	46,62

Pode-se ver, na Figura 4.51, os comportamentos espectrais (para os sete comprimentos de onda utilizados), da casca e polpa para a amostra MG1/1 do primeiro exemplar de manga; constata-se diferença significativa dos valores de refletância em todo o espectro para este exemplar de manga, sendo mais expressivo na região do amarelo, ou seja, as cores da casca e polpa deste exemplar de manga são consideravelmente diferentes, o que não ocorreu para os exemplares de mamão e goiaba.

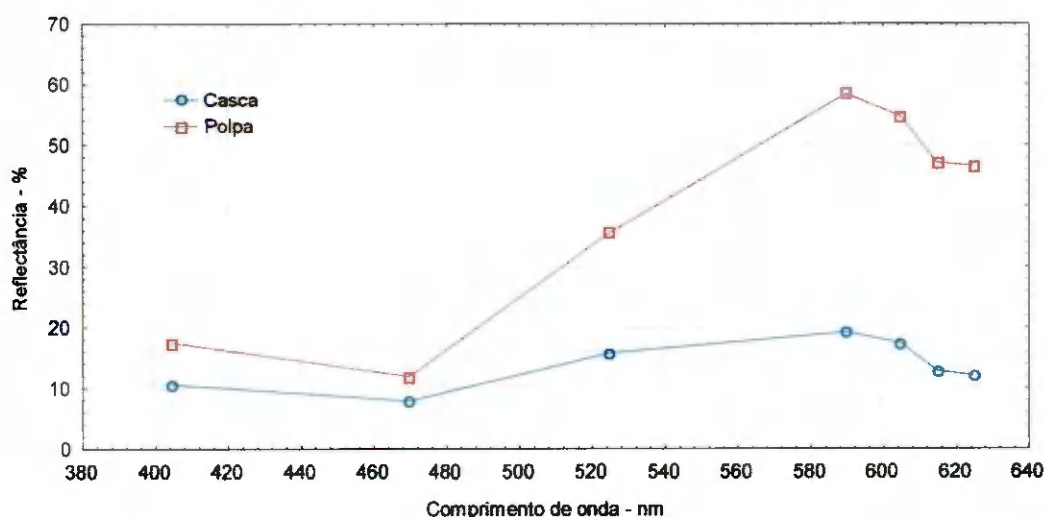


Figura 4.51 – Refletâncias da casca e polpa da amostra de manga MG1/1 em função do comprimento de onda

Da mesma forma que para o mamão e goiaba, foram calculados os valores XYZ (Equações 3.4 a 3.7), feitas as conversões para o sistema de cor L*a*b* (Equações 2.12 a 2.14) e calculados os índices de cor (Equação 3.8). Os valores médios obtidos para o primeiro exemplar de manga são vistos na Tabela 4.20 e, para todos os exemplares, na Tabela B.6 (Apêndice B).

Percebe-se que os valores médios de IC para casca e polpa da manga se apresentaram diferentes, o que era previsto, uma vez que a manga variedade espada, normalmente tem a cor da casca variando de verde escuro a amarelo; esta última cor aparecendo na inserção do pedúnculo e a polpa se apresentando normalmente amarela. Com o amadurecimento, a diferença de cor existente entre a casca e a polpa se torna menos expressiva uma vez que a casca tende a mudar de verde escuro para verde claro e amarelo, sucessivamente. Quando a casca da manga tem cor verde, sua polpa tem cor levemente amarela (IC igual a -8,81 para a casca e 9,51 para a polpa, o que dá uma diferença no índice de cor de 18,32 – amostra MG1/2 da Tabela 4.20), enquanto que, quando a casca tem cor verde claro (com porções amareladas), sua polpa tem cor amarelada (IC igual a 6,59 para a casca e 10,52 para a polpa, o que aponta uma diferença no índice de cor de 3,93 – amostra MG4/2 da Tabela B.6 – Apêndice B).

Tabela 4.20 – Valores dos parâmetros L*a*b* e do índice de cor para a manga MG1

	Amostra	L*	a*	b*	IC
MG1/1	Casca	46,94	-2,95	20,20	-6,15
	Polpa	71,35	15,82	46,73	8,99
MG1/2	Casca	48,40	-4,33	19,84	-8,81
	Polpa	68,21	16,46	47,97	9,51
MG1/3	Casca	44,95	-0,25	18,70	-0,60
	Polpa	67,52	17,82	45,54	10,79
MG1/4	Polpa homogeneizada	68,07	20,91	48,79	11,57

4.5.1 – Sólidos solúveis totais e pH

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e o pH foram determinados nas diferentes partes da manga com os valores médios para o exemplar 1, descritos na Tabela 4.21; este mesmo procedimento foi repetido para os demais exemplares e os resultados constam no Apêndice B (Tabela B.6).

Tabela 4.21 – Valores médios de pH e °Brix para o primeiro exemplar de manga

Leitura	pH	°Brix Corrigido
MG1/1	3,61	12,61
MG1/2	3,62	13,25
MG1/3	3,63	12,43
MG1/4	3,56	12,30
Média	3,61	12,65
Desvio padrão	0,03	0,42

Observa-se que os dados de pH encontrados estão de acordo com BOTREL (1994) que cita valores entre 3,0 e 4,7.

4.5.2 – Relação entre a cor da casca e da polpa da manga e o teor de sólidos solúveis totais e pH

Os dados de cor, pH e °Brix para casca e polpa dos exemplares de manga, são apresentados na Tabela 4.22.

Tabela 4.22 – Valores de índice de cor, °Brix e pH nas diversas partes dos exemplares de manga

Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix	pH	Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix	pH
MG1/1	-6,15	8,99	12,61	3,61	MG6/1	-2,16	5,13	9,26	3,45
MG1/2	-8,81	9,51	13,25	3,62	MG6/2	-0,32	3,70	9,80	3,34
MG1/3	-0,60	10,79	12,43	3,63	MG6/3	-1,08	5,16	9,32	3,33
MG2/1	0,87	11,52	10,93	3,72	MG7/1	-6,09	8,41	10,47	3,17
MG2/2	0,24	10,78	10,93	3,56	MG7/2	-7,59	8,19	10,02	3,11
MG2/3	-2,17	9,87	10,52	3,76	MG7/3	-4,22	9,13	11,02	3,16
MG3/1	0,32	10,82	13,41	3,57	MG8/1	-2,32	6,26	11,38	3,64
MG3/2	-5,40	12,84	12,51	3,56	MG8/2	-0,80	6,45	11,30	3,65
MG3/3	-6,19	11,49	12,68	3,55	MG8/3	-3,05	6,02	11,54	3,58
MG4/1	13,22	10,77	14,23	3,91	MG9/1	9,32	8,26	12,80	3,56
MG4/2	6,59	10,52	13,74	3,61	MG9/2	10,36	8,47	12,78	3,52
MG4/3	9,74	11,45	14,16	4,09	MG9/3	11,83	7,89	12,30	3,49
MG5/1	-4,41	11,68	11,14	3,88	MG10/1	10,65	9,33	12,03	3,52
MG5/2	-1,81	12,01	10,81	3,92	MG10/2	7,29	8,41	12,54	3,52
MG5/3	-4,71	12,52	11,15	3,85	MG10/3	17,37	9,02	12,96	3,61

Os valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e polpa para cada manga, obtidos a partir dos dados da Tabela 4.22, encontram-se na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 – Valores médios do índice de cor (IC), °Brix e pH da casca e polpa para cada manga

Fruto	IC casca	IC polpa	°Brix médio	pH médio	Polpa Homogeneizada		
					IC Polpa	°Brix	pH
MG1	-5,19	9,76	12,76	3,62	11,57	12,30	3,56
MG2	-0,35	10,72	10,79	3,68	12,18	10,32	3,64
MG3	-3,76	11,72	12,87	3,56	13,38	12,27	3,40
MG4	9,85	10,91	14,04	3,87	12,35	13,01	3,92
MG5	-3,64	12,07	11,03	3,88	13,63	10,77	3,90
MG6	-1,19	4,66	9,46	3,37	5,52	9,58	3,31
MG7	-5,97	8,58	10,50	3,15	9,55	10,05	3,18
MG8	-2,06	6,24	11,41	3,62	7,45	10,89	3,57
MG9	10,50	8,20	12,62	3,52	7,59	13,12	3,49
MG10	11,77	8,92	12,51	3,55	8,77	13,15	3,54

A partir dos 30 valores obtidos dos 10 exemplares de manga (Tabela 4.22) para o teor de sólidos solúveis totais em função do índice de cor da casca (IC_C) foram realizadas duas estimativas, uma com equação de 1° grau (Figura 4.52) e outra utilizando-se uma equação do 2° grau (Figura 4.53). A observação do comportamento dos pontos revela que a maturação da manga, representada pela alteração da cor da casca, ocorre com incremento do teor de sólidos solúveis totais, porém, a variação dos pontos experimentais é grande, visto que os valores dos coeficientes de determinação obtidos foram 24,86 e 30,16% para os ajustes por equação linear e quadrática, respectivamente; conclui-se, então, que não se pode usar qualquer uma das equações linear ou quadrática para estimar a maturação dos exemplares de manga; esses resultados podem ser observados nas Figuras 4.52 e 4.53.

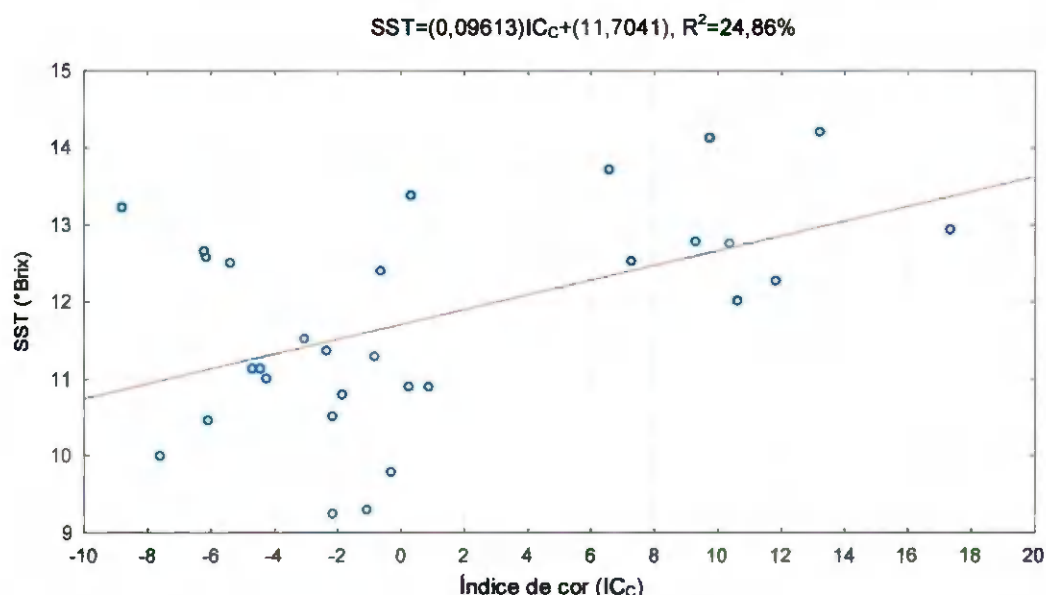


Figura 4.52 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação linear

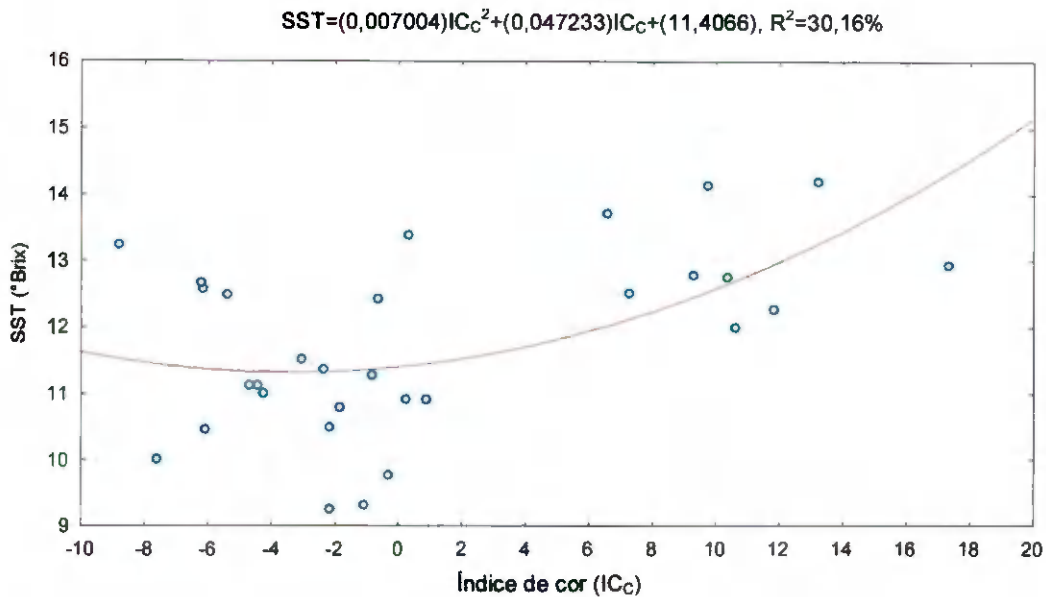


Figura 4.53 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação quadrática

Tem-se, nas Figuras 4.54 e 4.55, o gráfico dos valores médios do índice de cor da casca das mangas (IC_C) versus SST com ajustes por equação linear e quadrática, respectivamente. Consta-se que essas equações não servem para representar as relações, uma vez que os valores dos coeficientes de determinação foram iguais a 26,78 e 36,92% para as estimativas linear e quadrática, respectivamente.

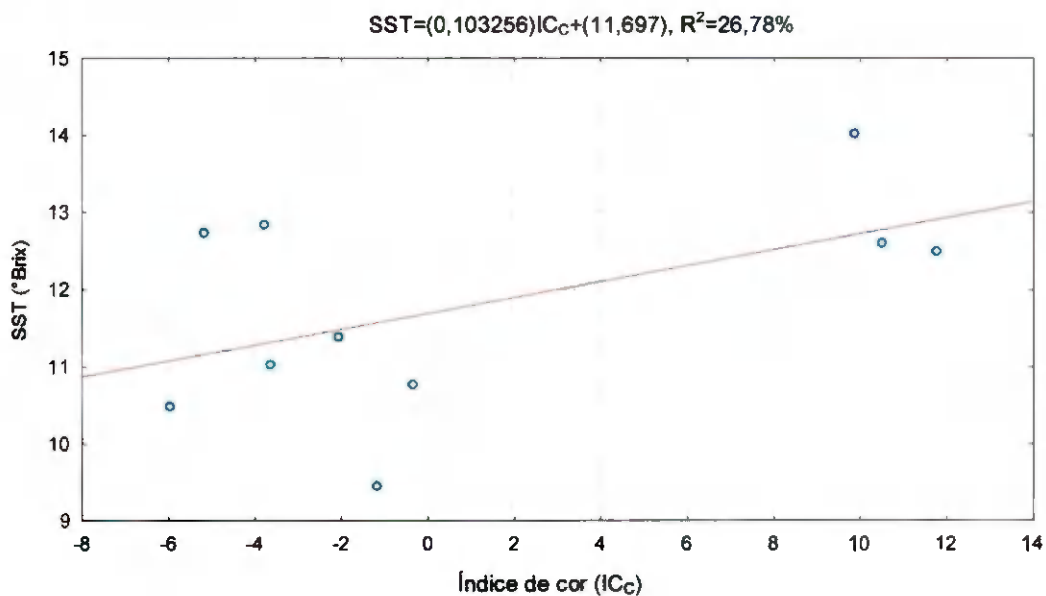


Figura 4.54 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação linear

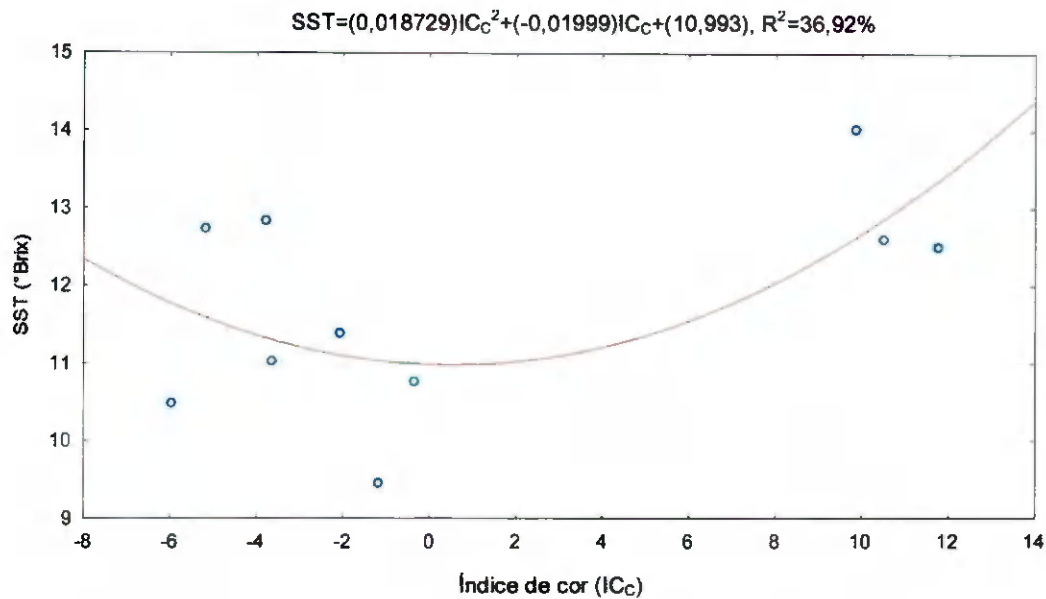


Figura 4.55 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação quadrática

Também para a polpa (Figuras 4.56 e 4.57), a relação entre o índice de cor e o teor de sólidos solúveis totais foi estudada, tendo-se encontrado resultado semelhante ao da casca com os coeficientes de determinação 22,20 e 33,91% para os ajustes linear e quadrático, respectivamente, significando que essas equações não podem estimar, com precisão, a relação.

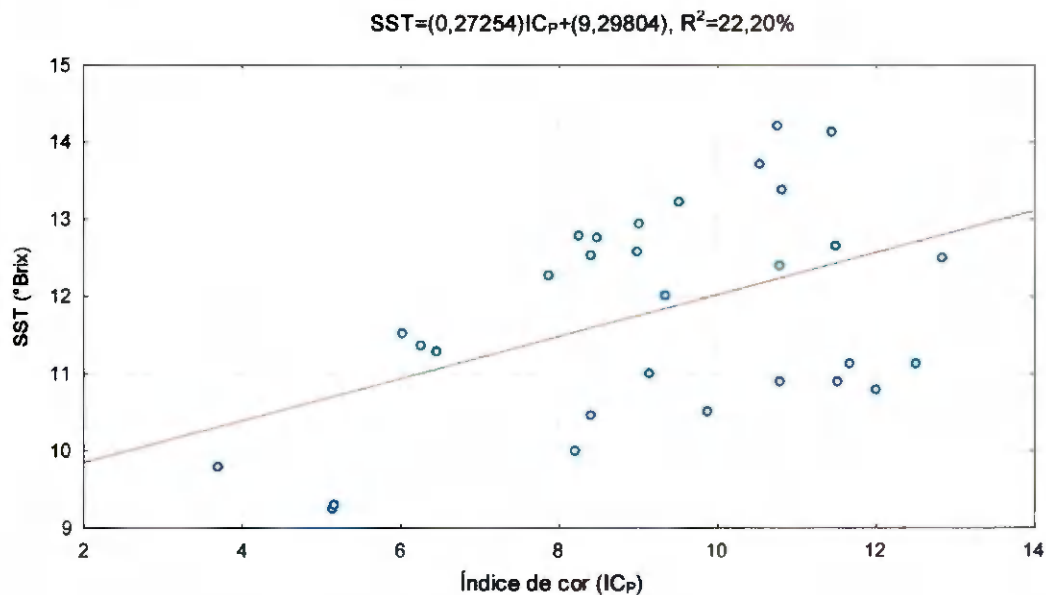


Figura 4.56 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação linear

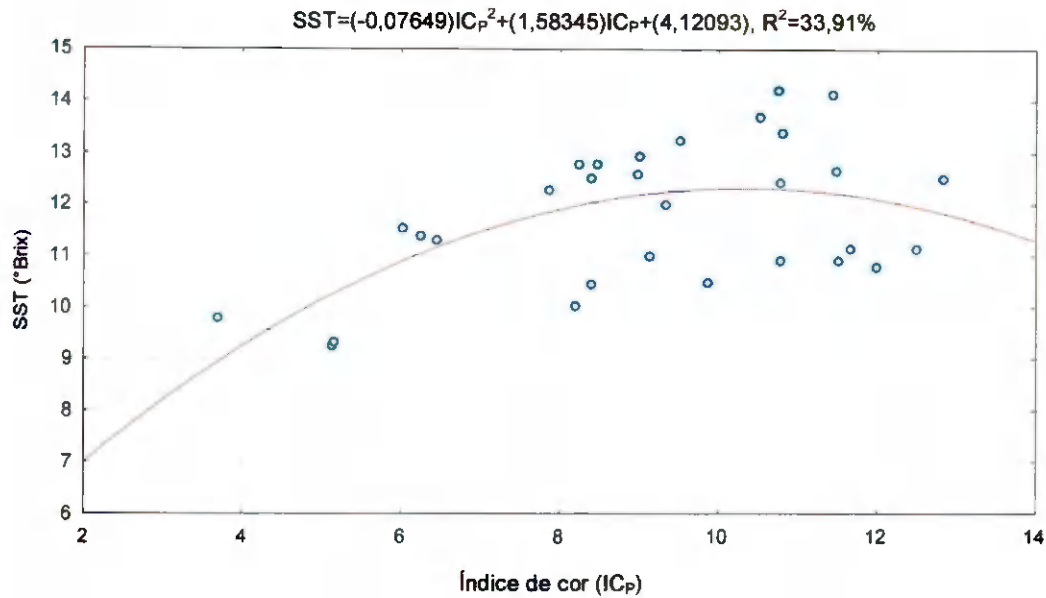


Figura 4.57 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_p) da polpa da manga e ajuste por equação quadrática

O comportamento dos dados dos sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor (IC_p) da polpa da manga utilizando-se os valores médios com ajustes linear e quadrático pode ser visto nas Figuras 4.58 e 4.59; este comportamento foi semelhante ao das Figuras 4.56 e 4.57 indicando, porém, coeficientes de determinação iguais a 25,40 e 39,60% para os ajustes linear e quadrático, respectivamente.

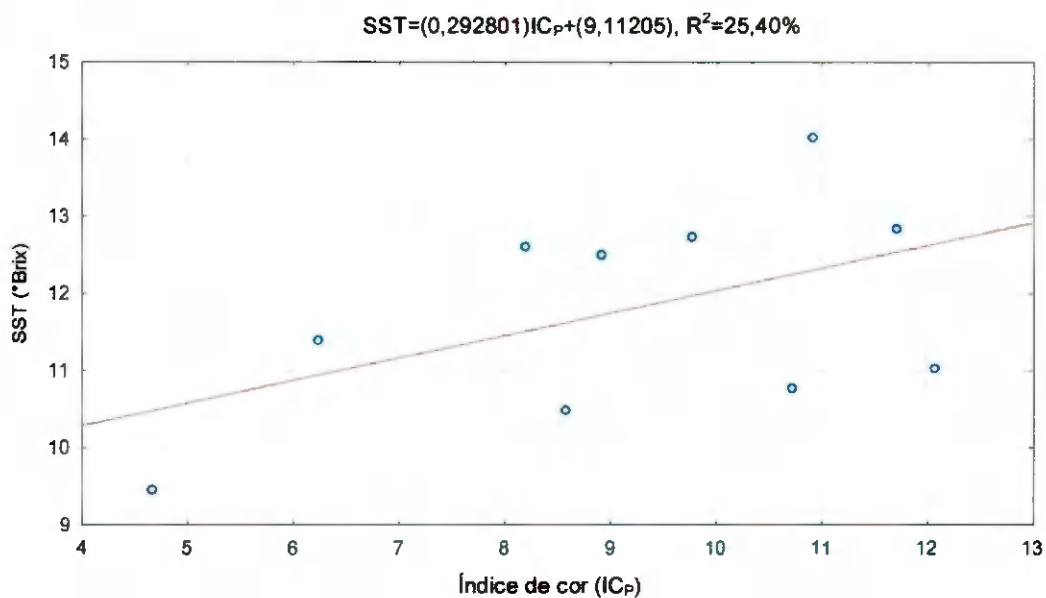


Figura 4.58 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_p) da polpa de manga e ajuste por equação linear

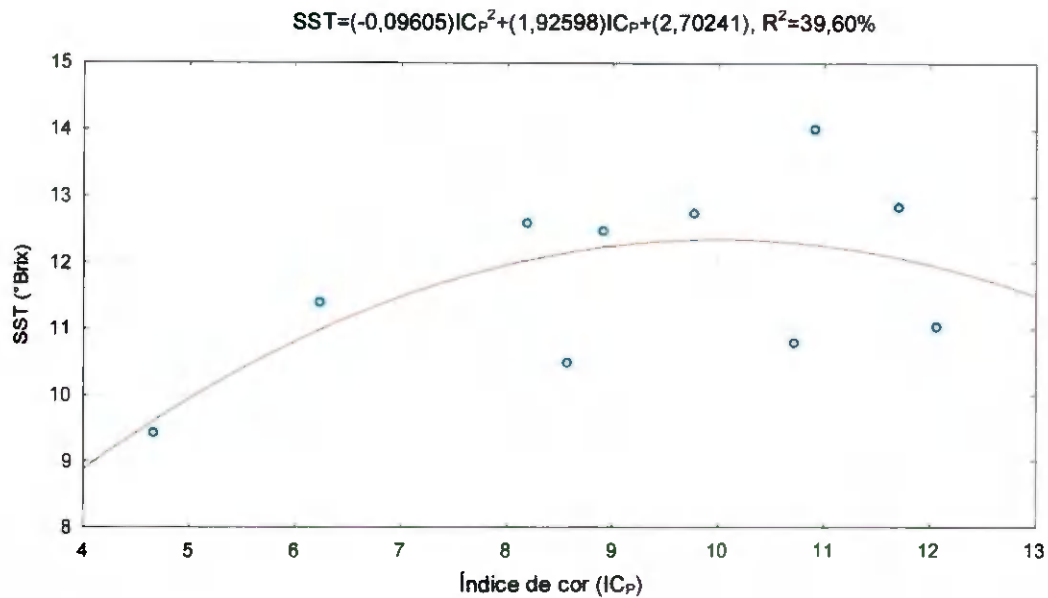


Figura 4.59 – Valores experimentais do teor de sólidos solúveis totais médio (SST) em função do índice de cor (IC_P) da polpa de manga e ajuste por equação quadrática

Vê-se, nas Figuras 4.60 e 4.61, o comportamento da variação do pH como função do índice de cor da casca e da polpa, utilizando-se ajuste por equação linear e, nas Figuras 4.62 e 4.63, o comportamento com ajuste com equação quadrática.

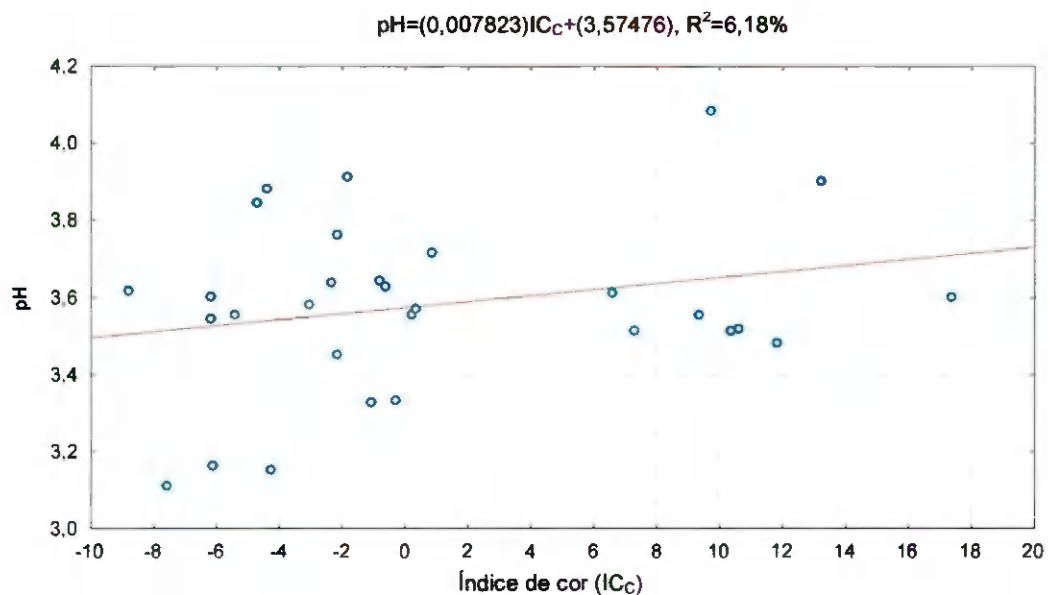


Figura 4.60 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação linear

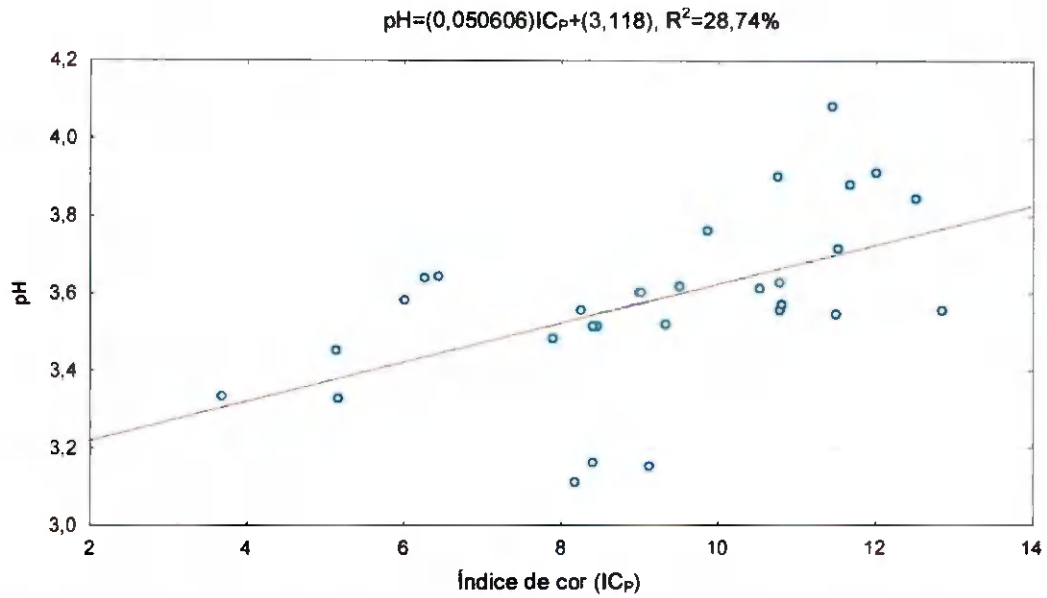


Figura 4.61 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação linear

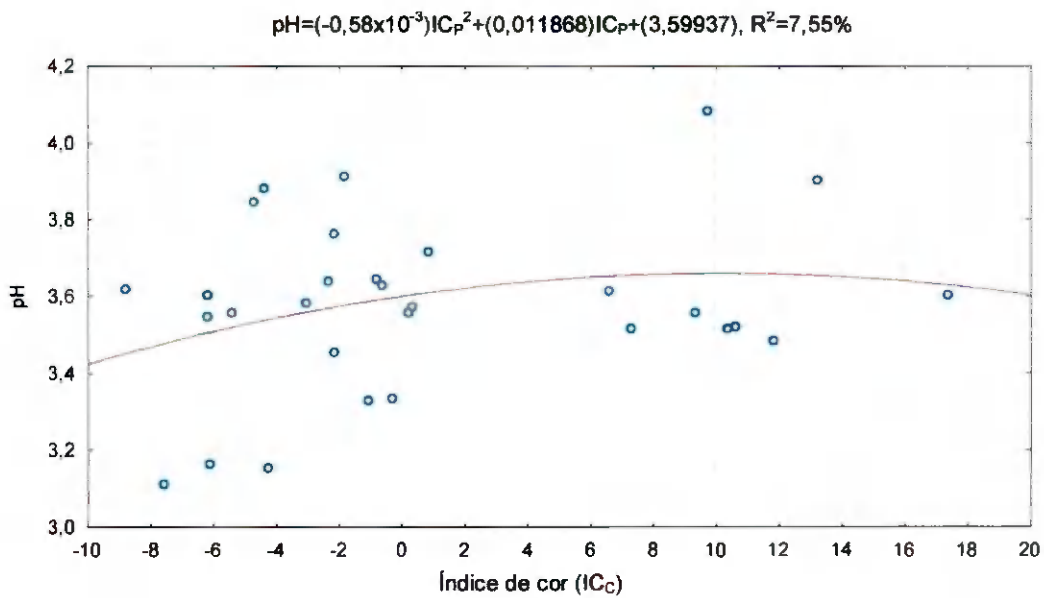


Figura 4.62 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca da manga e ajuste por equação quadrática

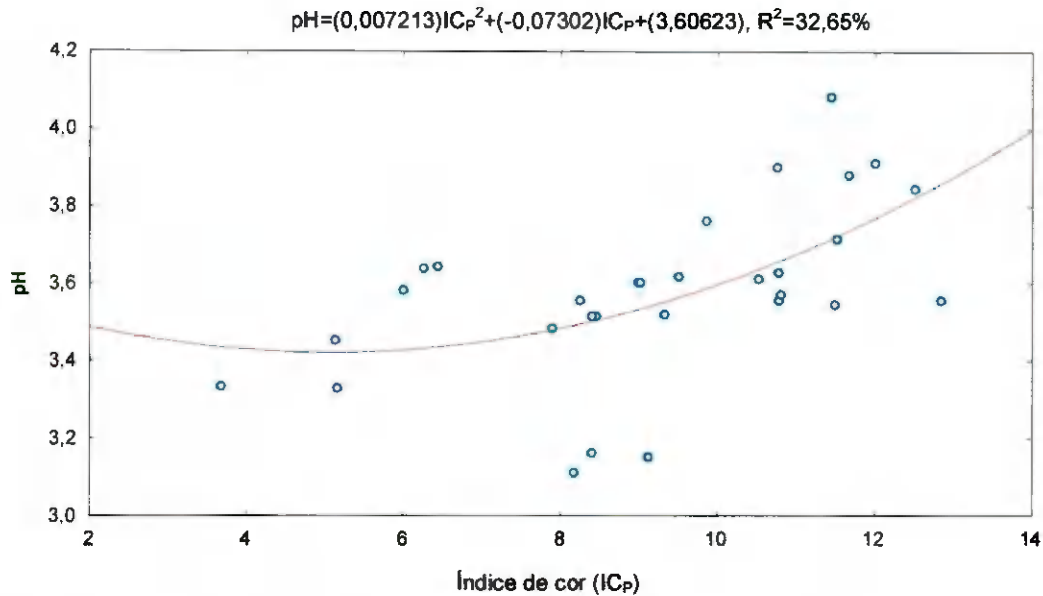


Figura 4.63 – Valores experimentais do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa da manga e ajuste por equação quadrática

Conforme se observa nas Figuras 4.60 a 4.63, conclui-se que, para os ajustes linear e quadrático, o pH apresenta uma suposta tendência de aumento com o amadurecimento da manga, porém não se pode afirmar tal comportamento em razão dos ajustes de primeiro grau terem apresentado valores dos coeficientes de determinação iguais a 6,18 e 28,74% para a relação do pH com índice de cor da casca e da polpa, respectivamente, e dos ajustes com função quadrática terem indicado valores dos coeficientes de determinação iguais a 7,55 e 32,65% para a relação do pH com os índices de cor da casca e polpa, respectivamente.

Tem-se, nas Figuras de 4.64 a 4.67, os gráficos dos valores médios dos índices de cor versus pH e as curvas de ajuste das equações de 1º e 2º graus; constata-se que o comportamento dos valores médios é idêntico ao das repetições apresentados nas Figuras 4.60 a 4.63; os valores dos coeficientes de determinação para a relação entre índice de cor da casca (IC_C) e pH foram iguais a 5,96% e 18,74% para equação linear e quadrática, respectivamente; enquanto esses mesmos valores foram, para a relação entre índice de cor da polpa (IC_P) e pH, iguais a 32,05% e 39,63% para as equações linear e quadrática, respectivamente; por fim, os valores dos coeficientes de determinação encontrados indicam que essas equações não são recomendadas para estimar o pH da polpa da manga em função do índice de cor da casca ou polpa.

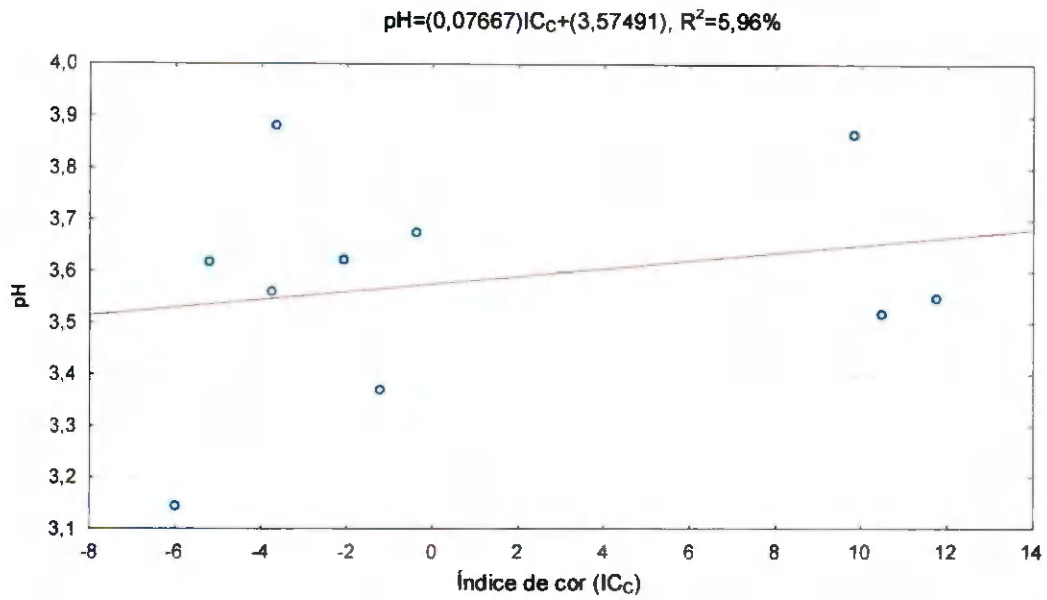


Figura 4.64 – Valores experimentais médios do pH em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação linear

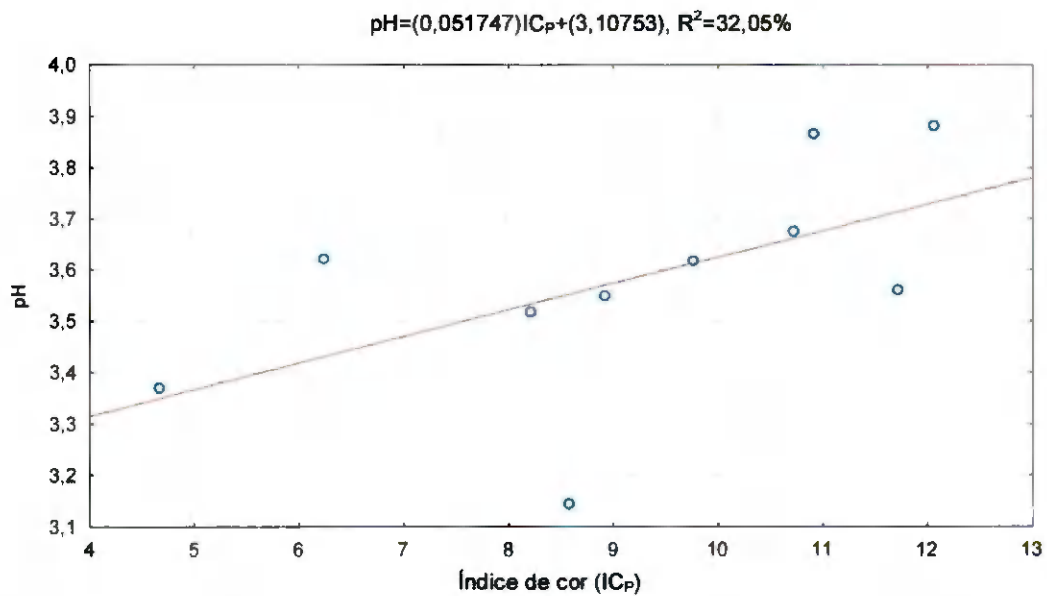


Figura 4.65 – Valores experimentais médios do pH em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação linear

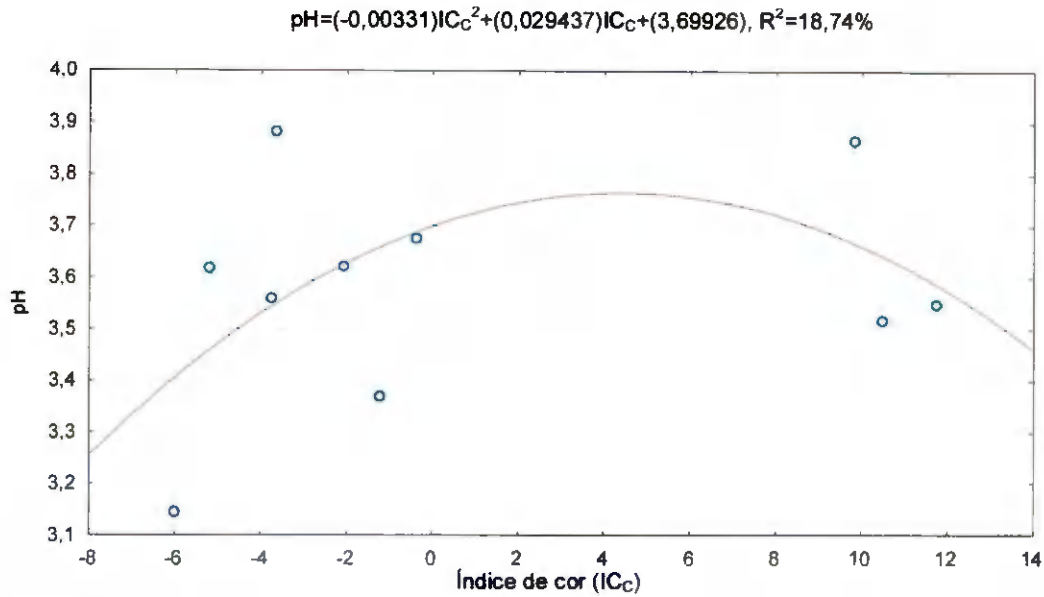


Figura 4.66 – Valores experimentais médios do pH, em função do índice de cor (IC_C) da casca e ajuste por equação quadrática

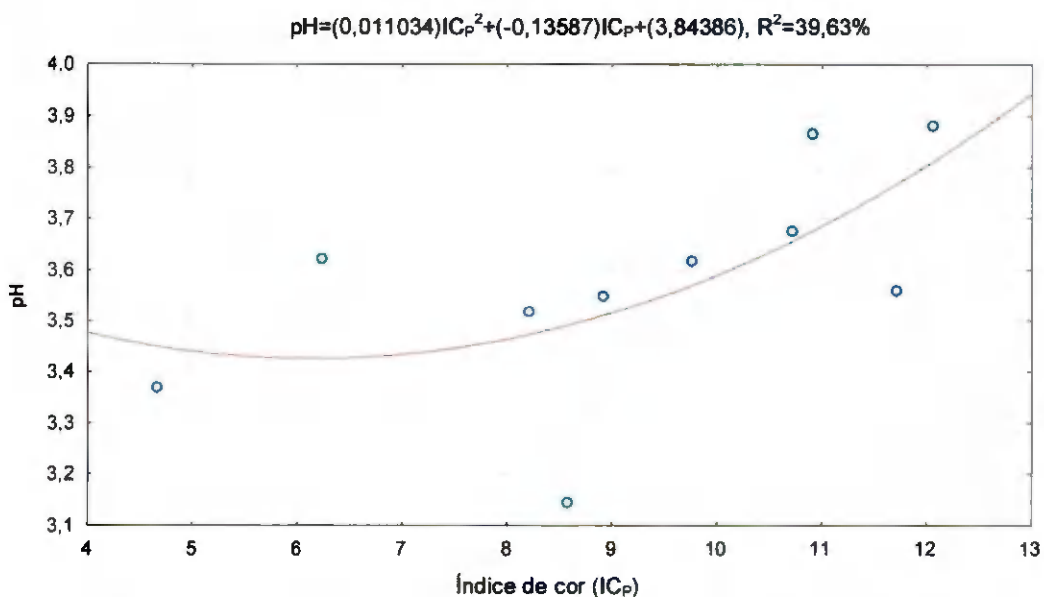


Figura 4.67 – Valores experimentais médios do pH, em função do índice de cor (IC_P) da polpa e ajuste por equação quadrática

Mostra-se, na Figura 4.68, a relação entre os três parâmetros estudados, IC_C, SST e pH da manga, representada por uma superfície de resposta. Percebe-se que não há uma relação aparente entre as variáveis envolvidas, o que permite concluir que, assim como para a goiaba, a cor da casca não é o parâmetro mais adequado para estimar o estágio de maturação dos exemplares de manga.

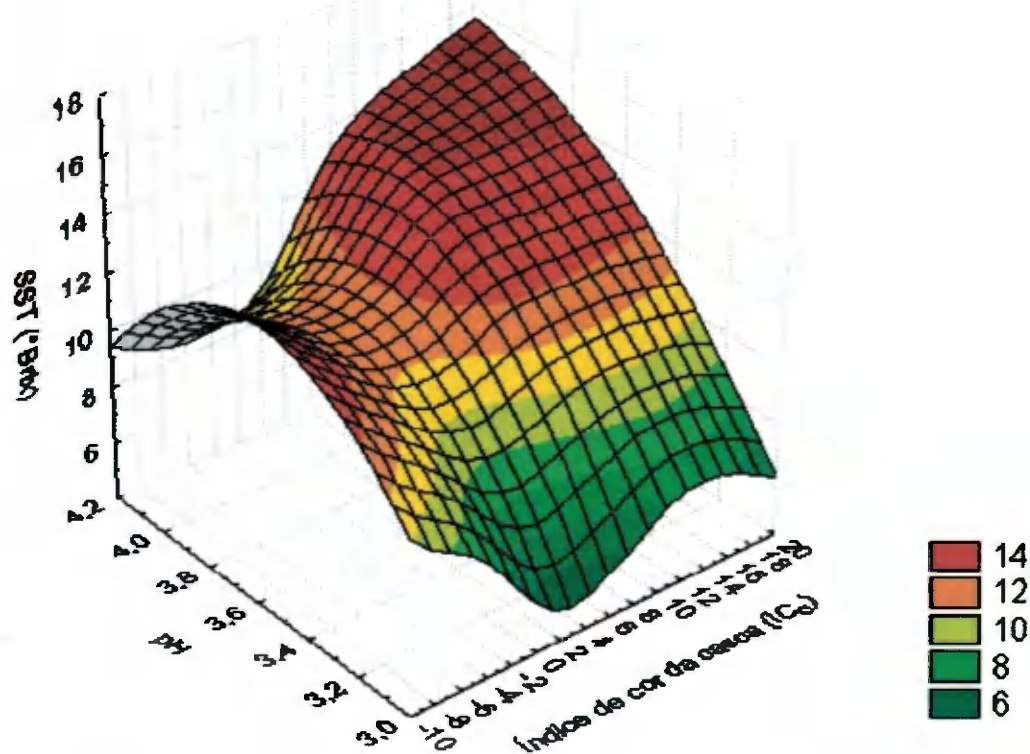


Figura 4.68 – Valores experimentais do pH e sólidos solúveis totais (SST) em função do índice de cor da casca (IC_C) para os exemplares de manga

4.6 – Avaliação da cor e textura no decorrer do amadurecimento do mamão

Acham-se, na Tabela 4.24, os dados das médias do índice de cor da casca em função do tempo de armazenamento para os mamões. Devido a limitação do *software* utilizado não aceitar dados negativos (cor verde resulta em IC negativo), foi necessário somar 7 unidades a cada média (valores transformados). Na Tabela B.7 (Apêndice B) se encontram os dados originais.

A comparação entre as médias de cada fruto no decorrer do tempo é classificada pelas colunas e a diferença significativa é representada pelas letras minúsculas; Deste modo, letras diferentes em uma coluna indicam que houve diferença significativa entre os tempos. Conforme se observa em cada mamão, existe um aumento significativo do índice de cor com o tempo de armazenamento.

Tabela 4.24 – Valores transformados de índice de cor médios da casca de 10 mamões em função do tempo de armazenamento

Tempo (dias)	Índice de cor médio (IC)									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0	11,260 f	11,558 e	11,662 e	2,050 g	10,180 f	7,456 g	10,506 f	17,590 e	13,814 f	11,050 e
1	17,414 e	17,034 d	16,506 d	8,776 f	15,486 e	13,524 f	16,984 e	19,886 de	18,658 e	17,444 d
2	20,194 de	19,544 cd	19,318 cd	13,666 e	18,910 de	17,666 e	19,510 de	21,126 cd	20,576 de	18,506 d
3	22,206 cd	21,436 bc	21,114 c	18,978 d	21,400 cd	20,116 de	21,174 cd	22,420 cd	22,468 cd	20,706 cd
4	23,592 bcd	23,092 ab	22,686 bc	21,646 cd	24,340 bc	22,052 cd	22,034 bcd	23,994 bc	23,910 bcd	22,804 c
5	24,884 abc	23,952 ab	24,930 ab	23,046 bc	26,154 b	23,692 bc	23,726 abc	24,440 bc	25,340 abc	23,630 bc
6	26,114 ab	25,174 a	25,464 ab	25,300 ab	30,310 a	25,818 ab	25,348 ab	26,690 ab	26,172 ab	26,416 ab
7	27,254 a	26,410 a	26,626 a	26,866 a	32,522 a	27,386 a	26,786 a	28,452 a	27,916 a	28,250 a

Obs.: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Figura 4.69 tem-se os gráficos dos valores de índice de cor médio para o mamão no decorrer dos oito dias de amadurecimento e as curvas de ajuste com equação linear e quadrática. Constatou-se que, em função do tempo de armazenamento, o índice de cor da casca pode ser modelado por uma função linear e quadrática, uma vez que se encontraram coeficientes de determinação iguais a 94,74% e 98,69, respectivamente. O comportamento gráfico confirma a análise estatística e o resultado indica que o índice de cor IC aumentou progressivamente com o tempo, para o mamão.

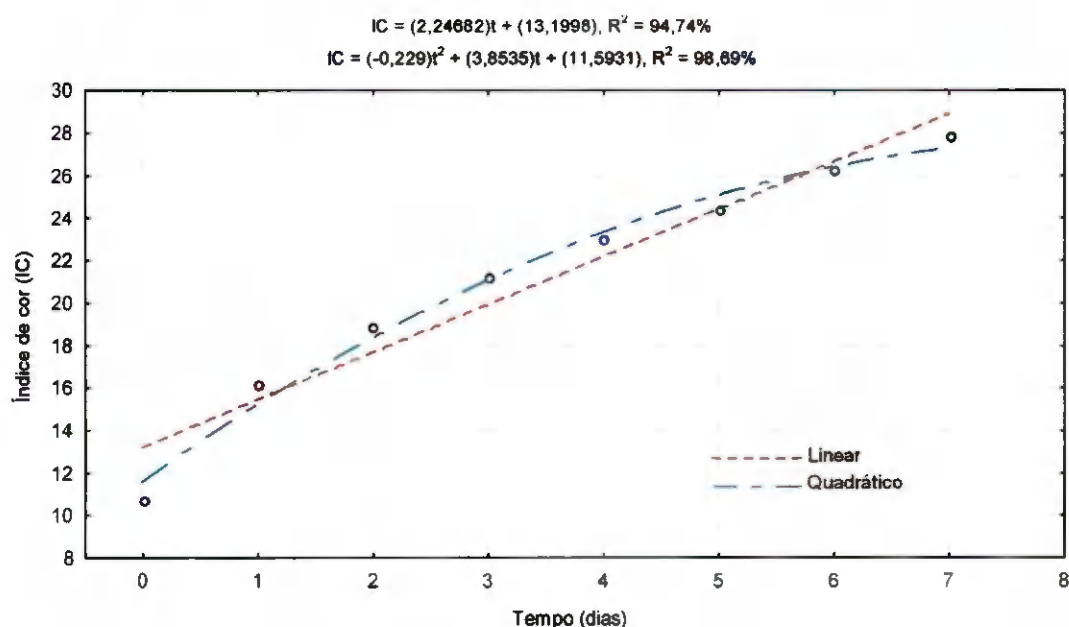


Figura 4.69 – Valores experimentais transformados do índice de cor da casca médio (IC) de todos os mamões, em função do tempo de armazenamento

Os dados das médias de textura (penetração em mm), em função do tempo de armazenamento para os 10 exemplares de mamão, se encontram na Tabela 4.25 e, conforme se percebe com a observação de cada coluna, existe um aumento significativo da profundidade de penetração com o tempo de armazenamento demonstrando a diminuição da rigidez, característica de frutos verdes, com o amadurecimento.

Tabela 4.25 – Valores de penetração médios (mm) em 10 mamões, em função do tempo de armazenamento

Tempo (dia)	Penetração da ponta de prova (mm)									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0	0,220 f	0,220 e	0,286 f	0,142 e	0,358 f	0,162 f	0,254 g	0,530 e	0,388 d	0,366 c
1	0,402 e	0,420 de	0,356 f	0,250 e	0,404 ef	0,276 ef	0,340 fg	0,534 e	0,476 d	0,432 c
2	0,530 de	0,502 d	0,544 e	0,366 de	0,630 de	0,452 de	0,530 ef	0,832 d	0,612 cd	0,444 c
3	0,492 de	0,770 c	0,642 de	0,558 cd	0,762 cd	0,582 cd	0,718 de	0,906 d	0,820 bc	0,758 b
4	0,702 d	0,898 bc	0,874 cd	0,674 bc	0,864 cd	0,690 bcd	0,882 cd	1,176 c	0,912 b	0,836 b
5	0,968 c	1,072 b	1,126 bc	0,708 bc	0,962 c	0,890 ab	1,052 c	1,526 b	1,390 a	0,786 b
6	1,646 b	1,132 b	1,222 b	0,860 b	1,352 b	0,760 abc	1,422 b	1,492 b	1,412 a	1,016 ab
7	2,718 a	1,700 a	1,598 a	1,208 a	1,798 a	0,990 a	1,776 a	2,096 a	1,486 a	1,156 a

Obs.: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Na Figura 4.70 tem-se os gráficos dos valores médios da penetração da ponta de prova para o mamão, em função dos oito dias de armazenamento e as curvas de ajuste por equações linear e quadrática. Constata-se que o comportamento dos valores médios da penetração pode ser mais bem estimado pela equação quadrática, uma vez que o coeficiente de determinação encontrado (99,12%) foi maior que o da equação linear (96,16%); esses resultados indicam que a textura é abrandada com o tempo, para o mamão, ou seja, há perda de resistência a penetração.

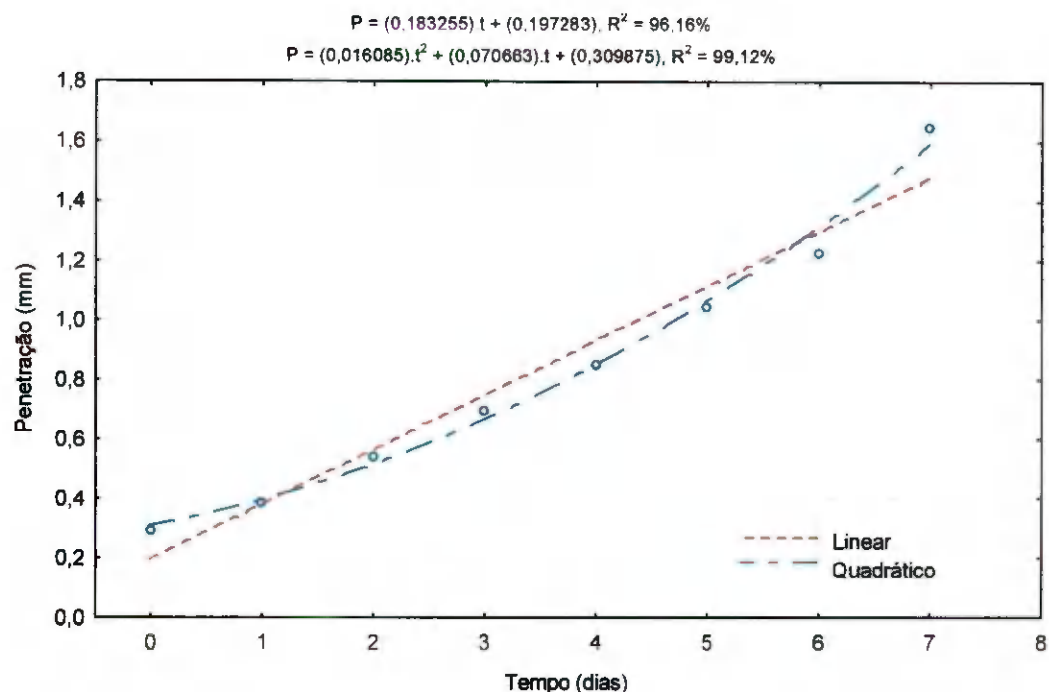


Figura 4.70 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do tempo, para os exemplares de mamão

Vê-se, na Figura 4.71, o comportamento da variação da textura em função da alteração do índice de cor (valores transformados) para o mamão e as curvas de ajuste das equações de 1º e 2º graus; outrossim, esta variação pode ser modelada por uma função de grau dois, uma vez que o coeficiente de determinação encontrado foi 98,73%, enquanto o ajuste dos pontos experimentais indica, a uma função linear, um valor do coeficiente de determinação igual a 85,54%, resultado este que indica que a textura é abrandada com aumento do índice de cor (representativo do amadurecimento do fruto).

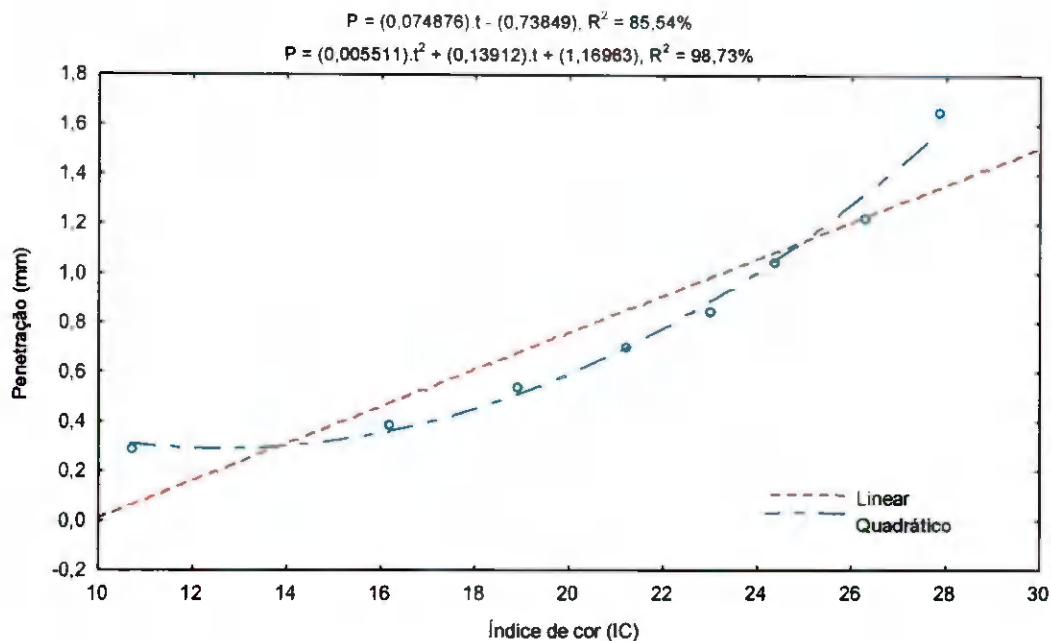


Figura 4.71 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do índice de cor da casca (valores transformados) para os exemplares de mamão

4.7 – Avaliação da cor e textura no decorrer do amadurecimento da goiaba

Os dados das médias do índice de cor da casca em função do tempo de armazenamento para as 10 goiabas, se encontram na Tabela 4.26. Devido a limitação do *software* utilizado não aceitar dados negativos (cor verde resulta em IC negativo), foi necessário somar 10 unidades a cada média (valores transformados). Na Tabela B.8 (Apêndice B) podem ser vistos os dados originais.

Observando cada coluna, conclui-se haver diferença significativa no índice de cor para cada fruto, com relação ao tempo, diferença esta caracterizada pelos valores sempre crescentes do índice de cor com o tempo, representando o amadurecimento dos frutos.

Exibe-se, na Figura 4.72, os gráficos dos valores transformados do índice de cor médio para a goiaba, no decorrer dos oito dias de amadurecimento, e as curvas de ajuste com equação linear e quadrática. Constata-se que, em função do tempo de armazenamento, o índice de cor pode ser modelado por uma função linear e de 2º grau, uma vez que se encontraram coeficientes de determinação iguais a 91,75% e 98,93%, respectivamente; este resultado indica que o índice de cor IC aumentou progressivamente com o tempo, para a goiaba.

Tabela 4.26 – Valores transformados de índice de cor médios da casca de 10 goiabas, em função do tempo de armazenamento

Tempo (dia)	Índice de cor médio (IC)									
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
0	5,920 e	6,068 h	4,856 e	5,478 g	8,044 g	3,428 f	6,006 c	3,150 e	3,780 g	5,678 g
1	7,670 e	8,820 h	8,766 d	8,120 fg	7,214 g	5,492 f	8,760 e	4,126 e	6,642 fg	9,514 f
2	7,618 e	13,346 g	12,400 d	9,346 f	12,934 f	9,384 e	12,470 d	3,810 e	9,868 f	16,280 e
3	13,460 d	19,050 f	18,444 c	14,682 e	17,980 e	15,182 d	17,994 c	8,934 d	17,454 e	19,886 de
4	18,186 c	21,668 ef	21,340 bc	17,782 de	20,734 de	18,654 cd	20,446 bc	12,446 d	20,120 de	21,414 cd
5	20,104 bc	23,450 de	23,904 ab	20,648 cd	21,920 cd	21,018 bc	21,944 ab	17,774 c	21,656 cd	22,454 bcd
6	22,410 ab	24,610 cde	24,588 ab	22,604 bc	23,724 bcd	22,404 ab	23,164 ab	20,474 bc	23,184 bcd	23,374 abcd
7	23,766 a	26,004 bcd	25,570 a	23,922 abc	24,516 bc	23,712 ab	23,934 ab	21,952 ab	24,078 bc	24,172 abc
8	24,298 a	28,240 bc	26,668 a	24,472 ab	26,036 ab	24,696 a	24,474 a	22,578 ab	25,182 abc	24,946 abc
9	24,832 a	29,066 b	27,310 a	25,214 ab	26,042 ab	25,094 a	24,908 a	23,654 ab	26,346 ab	26,094 a
10	25,492 a	32,748 a	27,370 a	26,464 a	28,410 a	25,688 a	25,522 a	24,360 a	27,756 a	25,920 ab

Obs.: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

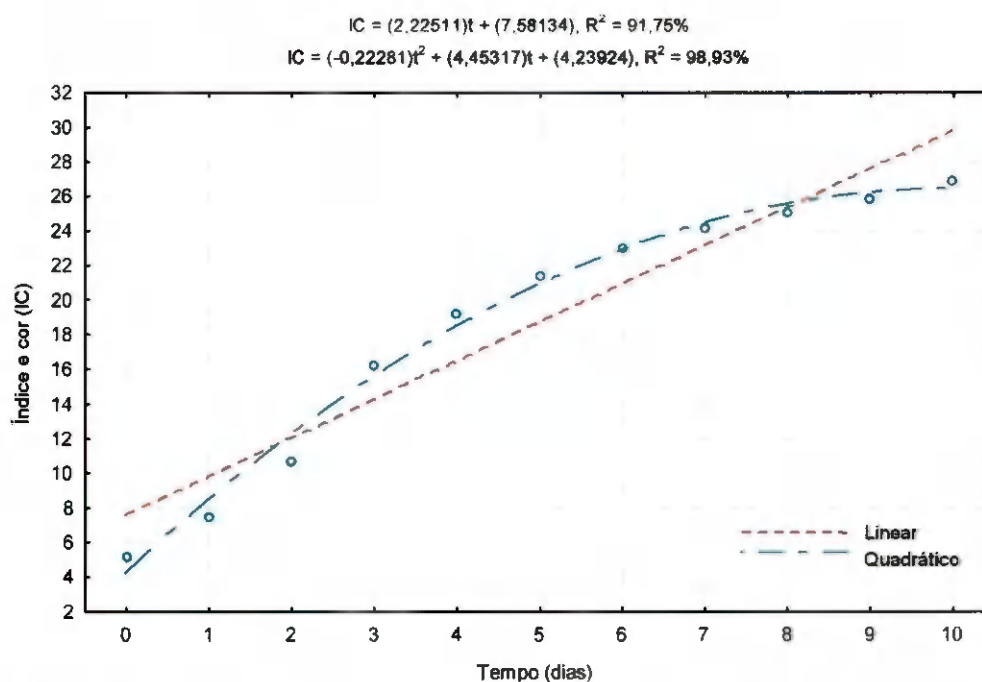


Figura 4.72 – Valores experimentais transformados do índice de cor médio da casca (IC) em função do tempo, para a goiaba

Os dados das médias de penetração (mm) da ponta de prova em função do tempo para as 10 goiabas, estão na Tabela 4.27, na qual se percebe, pela observação de cada coluna, um aumento significativo da profundidade de penetração com o tempo de armazenamento, embora com ressalvas isoladas. Fica evidenciado, então, o amadurecimento dos frutos de goiaba, em razão do aumento da profundidade de penetração com o tempo.

Tabela 4.27 – Valores de penetração médios (mm) em 10 goiabas, em função do tempo de armazenamento

Tempo (dia)	Penetração da ponta de prova (mm)									
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
0	0,162 e	0,122 f	0,150 g	0,148 c	0,166 e	0,148 f	0,100 f	0,120 f	0,120 f	0,180 e
1	0,236 e	0,274 e	0,216 fg	0,220 bc	0,222 e	0,186 f	0,236 e	0,172 ef	0,178 ef	0,258 e
2	0,252 de	0,310 e	0,276 ef	0,232 bc	0,334 d	0,210 f	0,248 e	0,230 de	0,276 de	0,402 cd
3	0,340 cd	0,438 d	0,334 de	0,268 b	0,426 cd	0,314 e	0,314 de	0,286 cd	0,380 c	0,384 d
4	0,436 bc	0,486 d	0,414 abcd	0,466 a	0,520 bc	0,386 cde	0,396 bcd	0,378 bc	0,370 cd	0,442 bcd
5	0,434 bc	0,454 d	0,442 abc	0,462 a	0,510 bc	0,378 de	0,386 cd	0,518 a	0,434 bc	0,518 b
6	0,488 ab	0,506 d	0,478 ab	0,494 a	0,548 ab	0,486 b	0,464 abc	0,444 ab	0,488 b	0,472 bcd
7	0,488 ab	0,918 b	0,360 cde	0,488 a	0,514 bc	0,478 bc	0,488 ab	0,476 ab	0,490 b	0,484 bc
8	0,472 ab	0,754 c	0,344 cde	0,428 a	0,472 bc	0,510 b	0,410 bcd	0,510 a	0,516 b	0,436 bcd
9	0,486 ab	0,808 c	0,388 bcd	0,438 a	0,560 ab	0,448 bcd	0,388 cd	0,468 ab	0,438 bc	0,490 bc
10	0,570 a	1,218 a	0,490 a	0,504 a	0,638 a	0,656 a	0,512 a	0,526 a	0,802 a	0,750 a

Obs.: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Tem-se, na Figura 4.73, os gráficos dos valores médios da textura (penetração em mm) para a goiaba, em função dos onze dias de armazenamento, e as curvas de ajuste das equações de 1º e 2º graus. Conclui-se que, em função do tempo, a penetração pode ser mais bem estimada pela equação quadrática, uma vez que o coeficiente de determinação encontrado (92,27%) foi maior que com a equação linear (89,45%). Cujos resultados indicam que a textura é abrandada com o tempo, para goiaba.

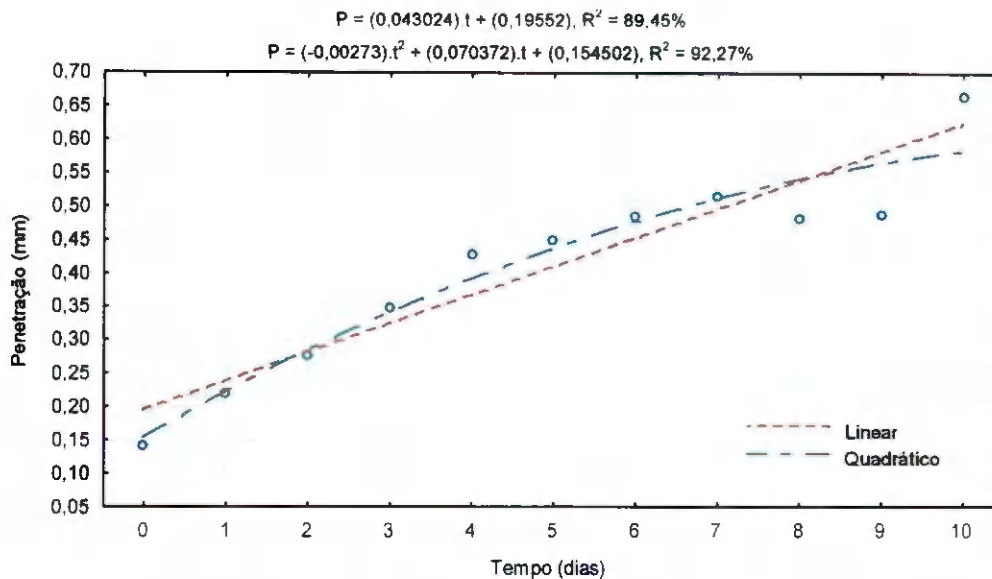


Figura 4.73 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do tempo, para os exemplares da goiaba

Apresentam-se, na Figura 4.74, o comportamento da variação da textura em função do índice de cor (valores transformados) para a goiaba e as curvas de ajuste das equações de 1° e 2° graus, notando-se que esta variação pode ser modelada não apenas por uma função de grau dois mas também, por uma função linear, uma vez que os coeficientes de determinação encontrados foram 92,90% e 92,70%, respectivamente; este resultado indica que a textura é abrandada com o aumento do índice de cor, ou seja, com o amadurecimento da goiaba.

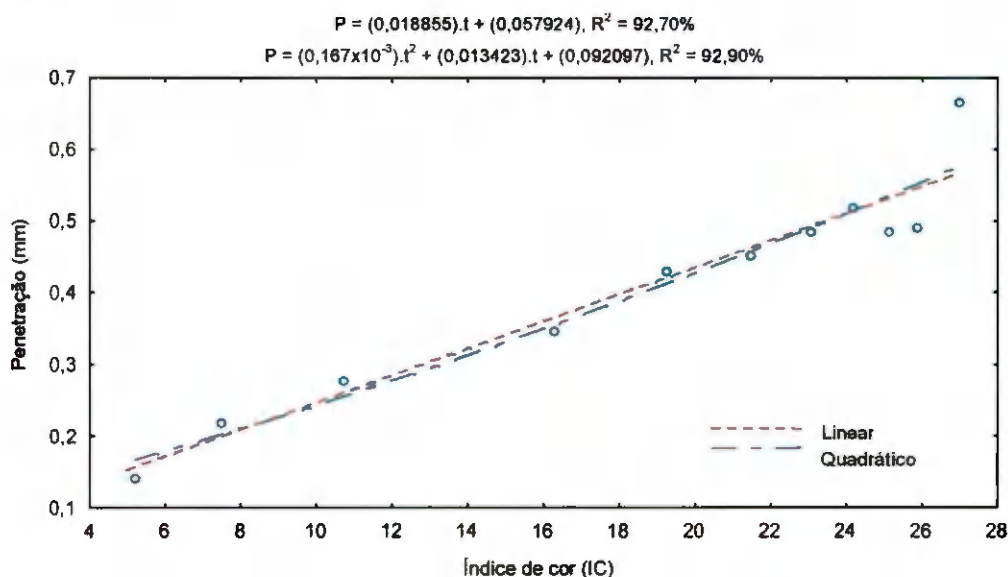


Figura 4.74 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do índice de cor da casca (valores transformados) para os exemplares da goiaba

4.8 – Avaliação da cor e textura no decorrer do amadurecimento da manga

Acham-se, na Tabela 4.28, os dados das médias do índice de cor da casca, em função do tempo de armazenamento, para as mangas. Devido a limitação do *software* utilizado não aceitar dados negativos (cor verde resulta em IC negativo), foi conveniente somar 13,22 a cada média (valores transformados). Na Tabela B.9 (Apêndice B) podem ser vistos os dados originais.

Percebe-se, pela observação de cada coluna, uma tendência de aumento do IC com o tempo.

Tabela 4.28 – Valores transformados de índice de cor médios da casca de 10 mangas, em função do tempo de armazenamento

Tempo (dia)	Índice de cor médio (IC)									
	MG1	MG2	MG3	MG4	MG5	MG6	MG7	MG8	MG9	MG10
0	5,403 e	2,880 h	10,843 e	4,590 i	10,090 e	10,343 g	6,045 h	8,158 f	9,035 f	1,140 h
1	7,113 e	4,523 h	12,255 de	7,955 i	14,675 de	13,310 fg	8,435 gh	8,563 f	9,415 f	3,715 gh
2	8,693 e	5,828 gh	14,788 cde	9,518 hi	17,510 cde	14,358 efg	11,245 fgh	13,248 ef	11,880 ef	6,463 gh
3	10,448 de	8,083 fgh	16,068 bcde	12,325 ghi	19,388 bcde	18,203 defg	12,973 efgh	16,500 def	16,550 def	8,835 fgh
4	12,210 de	8,465 fgh	20,063 abcde	14,880 fghi	21,050 abcde	21,228 cdefg	16,025 defgh	20,100 cdef	20,055 cdef	10,445 fgh
5	13,585 cde	10,395 fgh	20,883 abcde	20,455 efg	22,963 abcd	22,983 cdef	18,080 defgh	21,568 cde	22,488 cde	13,175 efgh
6	17,328 bcde	13,998 efgh	23,480 abcd	21,818 defg	24,618 abcd	24,595 cdef	20,113 cdefg	21,243 cde	23,778 bcde	15,365 defg
7	21,045 abcd	17,828 defg	25,618 abc	26,098 def	26,438 abcd	26,425 cde	23,173 bodef	24,293 cde	25,583 abcd	19,250 cdef
8	24,608 abc	20,145 cdef	26,005 abc	26,255 def	27,650 abc	27,183 cd	24,435 bcde	25,620 cd	27,505 abcd	22,835 cde
9	25,850 abc	23,413 bcde	26,538 abc	27,320 de	27,705 abc	29,935 cd	25,313 bcd	26,830 bcd	28,363 abcd	24,948 cde
10	27,735 ah	24,610 bcde	27,595 ab	29,228 cde	28,003 abc	30,880 c	26,535 bcd	29,060 bc	28,703 abcd	26,548 cd
11	28,765 ah	25,840 bcde	28,650 a	31,133 cde	28,300 abc	31,828 bc	27,758 bcd	31,2875 bc	29,053 abc	28,153 bc
12	30,818 a	26,713 bcd	29,008 a	33,090 cd	29,233 abc	33,465 bc	30,778 bc	31,510 bc	31,723 abc	29,910 bc
13	31,910 a	31,460 bc	29,750 a	41,360 bc	30,433 ab	43,620 ab	30,418 bc	38,263 ab	31,813 abc	30,985 bc
14	32,713 a	33,975 ab	30,368 a	52,468 ab	32,915 a	51,655 a	33,833 b	49,923 a	34,810 ab	38,888 ab
15	33,208 a	43,775 a	31,273 a	59,078 a	32,338 a	50,703 a	48,180 a	45,710 a	36,793 a	45,715 a

Obs.: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Acham-se, na Figura 4.75, os gráficos dos valores de índice de cor transformados médios para a manga, no decorrer dos dezesseis dias de armazenamento, e as curvas de ajuste com equação linear e quadrática. Constata-se que o índice de cor pode ser modelado, tanto por uma função do 2º grau quanto por uma função do 1º grau, uma vez que se

encontraram coeficientes de determinação iguais a 98,36% e 98,30%, respectivamente; este resultado indica que o índice de cor IC aumentou progressivamente com o tempo, para a manga.

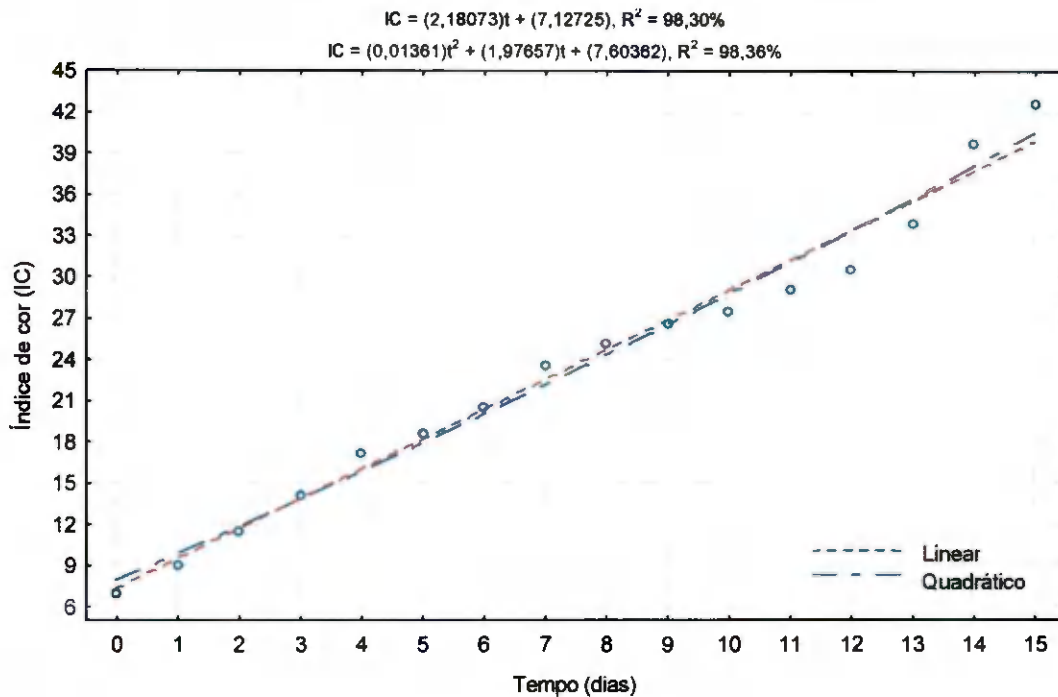


Figura 4.75 – Valores experimentais transformados médios do índice de cor médio da casca (IC) em função do tempo para a manga

Encontram-se, na Tabela 4.29, os dados das médias de penetração (mm) da ponta de prova, em função do tempo, para as 10 mangas. Conforme se percebe pela observação de cada coluna, existe tendência de aumento da profundidade de penetração com o tempo, e com isso a textura é abrandada, fato estatisticamente evidenciado quando se comparam os valores iniciais (tempo zero) com os finais (quinze dias).

Tabela 4.29 – Valores de penetração médios (mm) em 10 mangas, em função do tempo de armazenamento

Tempo (dia)	Índice de cor médio (IC)									
	MG1	MG2	MG3	MG4	MG5	MG6	MG7	MG8	MG9	MG10
0	0,432 ab	0,310 c	0,442 e	0,476 e	0,534 ef	0,410 c	0,470 dc	0,424 c	0,456 bc	0,502 fg
1	0,372 b	0,326 c	0,430 e	0,462 e	0,414 f	0,440 c	0,384 e	0,382 e	0,356 c	0,400 g
2	0,460 ab	0,350 c	0,556 de	0,490 e	0,642 def	0,478 c	0,504 cde	0,444 e	0,450 bc	0,496 fg
3	0,458 ab	0,448 c	0,634 cde	0,454 e	0,654 def	0,486 c	0,480 de	0,588 de	0,562 bc	0,562 efg
4	0,386 ab	0,410 c	0,508 c	0,450 e	0,624 def	0,386 c	0,522 cde	0,664 de	0,466 bc	0,688 defg
5	0,580 ab	0,568 c	0,648 cde	0,486 e	0,824 cdef	0,482 c	0,488 de	0,630 de	0,430 bc	0,814 cdefg
6	0,556 ab	0,486 c	0,776 bcde	0,660 de	0,792 cdef	0,528 e	0,502 cde	0,760 cde	0,626 bc	0,732 defg
7	0,604 ab	0,516 c	0,722 bcde	0,686 de	0,982 bcd	0,620 bc	0,664 bcde	0,708 de	0,624 bc	0,882 bcdef
8	0,582 ab	0,556 c	0,788 bcde	0,626 de	0,900 bcde	0,726 bc	0,660 bcde	0,762 cde	0,790 b	0,944 bcde
9	0,690 ab	0,578 c	0,742 bcde	0,824 cde	0,806 cdef	0,748 bc	0,844 bcd	0,874 cd	0,802 b	0,950 bcde
10	0,748 ab	0,600 c	0,940 bcd	1,048 bcd	0,916 bcde	0,748 bc	0,928 bc	0,920 cd	0,790 b	1,078 bcd
11	0,800 a	0,622 c	1,130 b	1,264 b	1,024 bcd	0,744 bc	1,008 b	0,960 cd	0,774 bc	1,198 bc
12	0,692 ab	0,628 c	1,038 bc	1,232 bc	1,086 bc	0,754 bc	0,780 bcde	0,794 cde	0,756 bc	1,192 bc
13	0,688 ab	0,728 c	1,132 b	1,376 b	1,112 bc	0,772 bc	0,888 bcd	1,144 c	0,732 bc	1,196 bc
14	0,688 ab	1,182 b	1,132 b	1,408 b	1,316 b	1,012 ab	1,026 ab	1,910 b	0,828 b	1,296 b
15	0,670 ab	2,764 a	2,038 a	2,546 a	1,906 a	1,234 a	1,440 a	2,382 a	1,584 a	1,734 a

Obs.: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Encontram-se dispostos, na Figura 4.76, os gráficos dos valores médios da textura (penetração em mm) para a manga, em função dos dezesseis dias de amadurecimento, e as curvas de ajuste das equações linear e quadrática. Constata-se que o comportamento dos valores médios é mais bem representado pela equação quadrática, uma vez que o coeficiente de determinação encontrado (86,60%) foi maior que para a equação linear (77,08%).

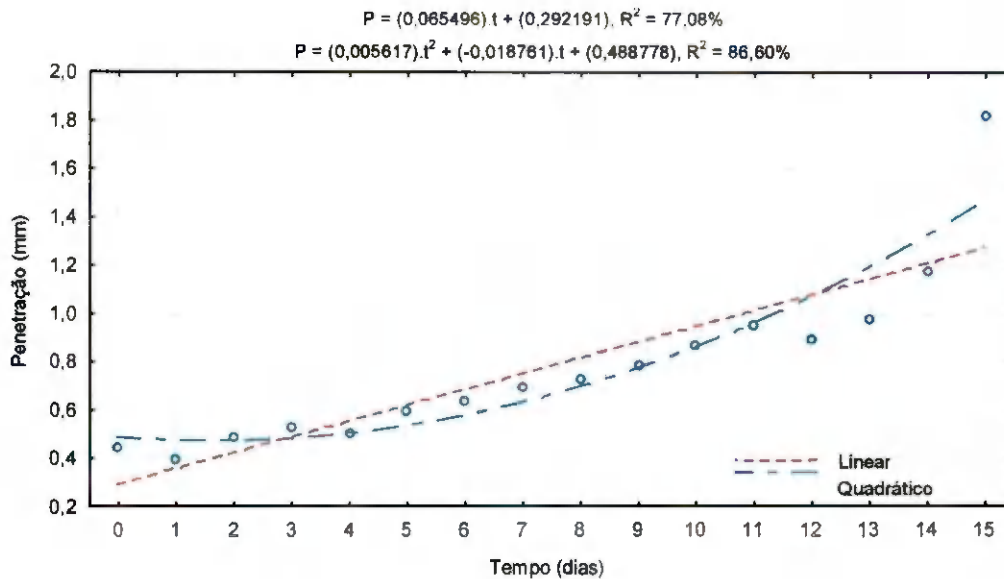


Figura 4.76 – Valores experimentais da penetração da ponta de prova (mm) em função do tempo para os exemplares da manga

Tem-se, na Figura 4.77, o comportamento da variação da textura em função do índice de cor para a manga e as curvas de ajuste das equações de 1° e 2° graus; nota-se que esta variação pode ser modelada por uma função de grau dois uma vez que os coeficientes de determinação encontrados foram 82,98% e 93,41% para os modelos linear e quadrático, respectivamente; resultado este, que indica que a textura é abrandada com aumento do índice de cor, ou seja, com o amadurecimento da manga.

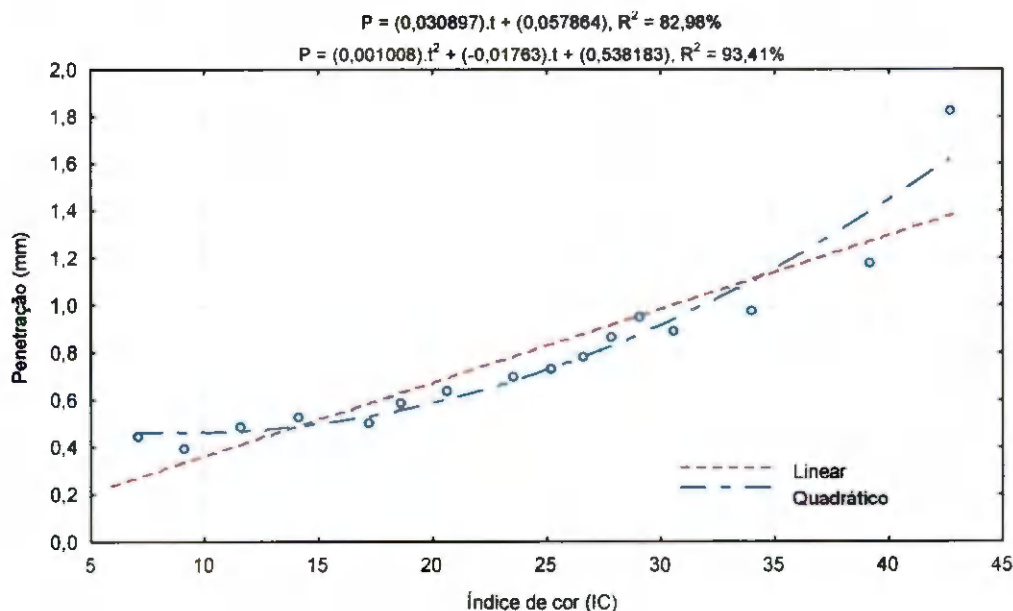


Figura 4.77 – Valores experimentais da penetração de ponta de prova (mm) em função do índice de cor (valores transformados) para os exemplares da manga

5 – CONCLUSÕES

- O modelo de sensor escolhido permitiu a construção de um protótipo de colorímetro de baixo custo do qual se obtiveram respostas similares às do modelo comercial.
- A equivalência encontrada entre as leituras dos dois instrumentos conferiu, ao colorímetro construído, uma aferição válida.

Para o mamão:

- O teor de sólidos solúveis totais em função do índice de cor da casca do mamão, pode ser estimado por equações polinomiais de 2° e 3° graus.
- Não se pode estimar o pH com relação ao índice de cor da casca ou polpa, durante o amadurecimento.
- A melhor forma de se estimar o amadurecimento levando-se em consideração a cor, foi por meio da análise da casca.
- A firmeza do mamão foi diminuída e o índice de cor aumentado, ambos com a evolução da maturação. A firmeza e a cor podem ser modeladas por equação polinomial de segundo grau.
- A firmeza do mamão pode ser estimada em função do índice de cor, por equação polinomial de grau 2.

Para a goiaba:

- Não se encontrou relação entre índice de cor da casca ou polpa e o teor de sólidos solúveis totais e pH.
- A firmeza da goiaba reduziu e o índice de cor aumentou com o progresso da maturação, podendo ambos serem estimados em função do tempo, por uma equação do segundo grau.

- A alteração da firmeza goiaba pode ser estimada em função do índice de cor por equações polinomiais de 1° e 2° graus.

Para a manga:

- Não se encontrou ajuste adequado entre índice de cor da casca ou polpa e o teor de sólidos solúveis totais e pH.
- A firmeza da manga reduziu e o índice de cor aumentou com o progresso da maturação, podendo ambos serem estimados em função do tempo, por uma equação do 2° grau.
- A alteração da firmeza da manga pode ser estimada em função do índice de cor, por uma equação polinomial de 2° grau.

6 – SUGESTÕES

- Automatizar o processo de leitura do protótipo desenvolvido incorporando-lhe dispositivos para leitura em tempo real e com interface para microcomputador.
- Implementar um protótipo semelhante para estudo de concentrações de soluções, com base na transmitância.
- Estudar a aplicabilidade do equipamento a outras amostras.
- Verificar a cinética de degradação da cor em materiais biológicos, durante o armazenamento e processamento.
- Verificar a influência das condições de armazenagem sobre os produtos, com base no estudo da cor.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. de. **Determinação da firmeza e cor do tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), visando o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação.** 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’: estádios de maturação e padrão respiratório.** 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BERNARDES-SILVA, A.P.F.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B.R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.Supl, p.116-120, 2003.

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

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F. O. **Química de processamento de alimentos.** Campinas: Fundação Cargill, 1984. 232 p.

BOTREL, N. Manga: variedades, qualidade e tecnologia pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.55-60, 1994.

CAMELO, A.F.L.; GOMES, P.A. Comparison of color indexes for tomato ripenings. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.534-537, 2004.

CARVALHO, V.D. de. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.48-54, 1994.

CAVALINI, F.C. **Índices de maturação, ponto de colheita e padrão respiratório de goiabas ‘Kumagai’ e ‘Paluma’**. 2004. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CHITARRA, M.I.F. Características das frutas de exportação. In: GONGATTI NETTO, A.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.E.C.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; CHITARRA, M.I.F.; BORDIN, M.R. **Goiabas para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1996. p.9-11. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 20).

COOPER, W.D. **Electronic instrumentation and measurement techniques**. New Jersey: Prentice-Hall, 1978. 499p.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. 14. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. 479p.

EISBERG, R.M. **Fundamentos da física moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979. 643p.

EYNARD, R.A. **Color: theory and imaging systems**. New Jersey: Agfa-Gevaert, 1973. 429p.

FOGAGNOLI, M. **Desenvolvimento de metodologia para análise dos atributos da cor através do processamento digital de imagens**. 2000. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FRANCIS, F.J. Food colorimetry: measurement and interpretation. In: JOWITT, R.; ESCHER, F.; KENT, M.; McKENNA, B.; ROQUES, M. **Physical properties of foods-2**, London: Elsevier Applied Science, 1987. cap.21, p.237-249.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 12. ed. São Paulo: Nobel, 1972. 446p.

GUEVARA, R.G.L.; GONZÁLEZ, J.E.P.; CASTELLANOS, R.V.; ALBALADEJO, F.N. Evolution of color during the ripening of selected varieties of paprika pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.44, n.8, p.2049-2052, 1996.

HAYT Jr., W.H. **Eletromagnetismo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. 403p.

HONÓRIO, S.L. **Fisiologia pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.) cultivar solo**. 1982. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

INCROPERA, F.P.; DeWITT, D.P. **Fundamentos da transferência de calor e massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1992. 455p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 1985. 533p.

ITTEN, J. **The elements of color**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1970. 95p.

LIMA, E.D.P. de A.; LIMA, C.A. de A.; ALDRIGUE, M.L. GONDIM, P.J.S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias* spp) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.24, n.2, p.338-343, 2002.

LOPES, R.P.; HARA, T.; SILVA, J. de S. e.; RIEDEL, B. Efeito da luz na qualidade (cor e bebida) de grãos de café beneficiados (*Coffea arabica* L.) durante a armazenagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.especial, n.1, p.9-17, 2000.

MINOLTA. **Precise color communication**: Color control from feeling to instrumentation: catálogo. Osaka, 1998. 59p.

MOREIRA, V.A. **Iluminação e fotometria: teoria e aplicação**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 196p.

NOVO, E.M.L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1993. 308p.

OLIVEIRA, A.M.G.; FARIAS, A.R.N.; SANTOS FILHO, H.P.; OLIVEIRA, J.R.P.; DANTAS, J.L.L.; SANTOS, L.B.; OLIVEIRA, M.A.; SOUZA JUNIOR, M.T.; SILVA, M.J.; ALMEIDA, O.A.; NICKEL, O.; MEDINA, V.M.; CORDEIRO, Z.J.M. **Mamão para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 52p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 9)

OLIVEIRA, M.A.B. de; VIANNI, R.; SOUZA, G. de.; ARAÚJO, T.M.R. Caracterização do estágio de maturação do papaia ‘Golden’ em função da cor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.559-561, 2002.

OLIVEIRA, A.P.V. de.; FRASSON, K.; YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmera digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas v.6, n.2, p.191-196, 2003.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company, 1978. 634p.

SUZUKI, Y.; ARUGA, T.; KUWAHARA, H.; KUWABARA, T.; KAWAKUBO, S.; IWATSUKI, M. A simple and portable colorimeter using a Red-Green-Blue light-emitting diode and its application to the on-site determination of nitrite and iron in river-water. **Analytical Sciences**, Yamanashi, v.20, p.975-977, 2004.

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Equações obtidas a partir de ajuste linear aos dados experimentais da iluminância, em função da corrente elétrica para os LED's de cada cor

LED	Equação estimada	R ² (%)	P(%)
Violeta	$L = 6,5621.i - 3,4442$	99,72	5,29
Azul	$L = 84,4830.i + 106,1522$	98,72	26,40
Verde	$L = 88,8193.i + 129,2101$	98,89	20,10
Amarelo	$L = 24,2690.i - 11,5917$	99,98	2,03
Laranja	$L = 14,6496.i - 1,1289$	99,88	4,31
Âmbar	$L = 24,7298.i - 0,5068$	99,93	3,48
Vermelho	$L = 12,8199.i - 9,0575$	99,98	4,14

L – iluminância (lux); i – corrente elétrica (mA)

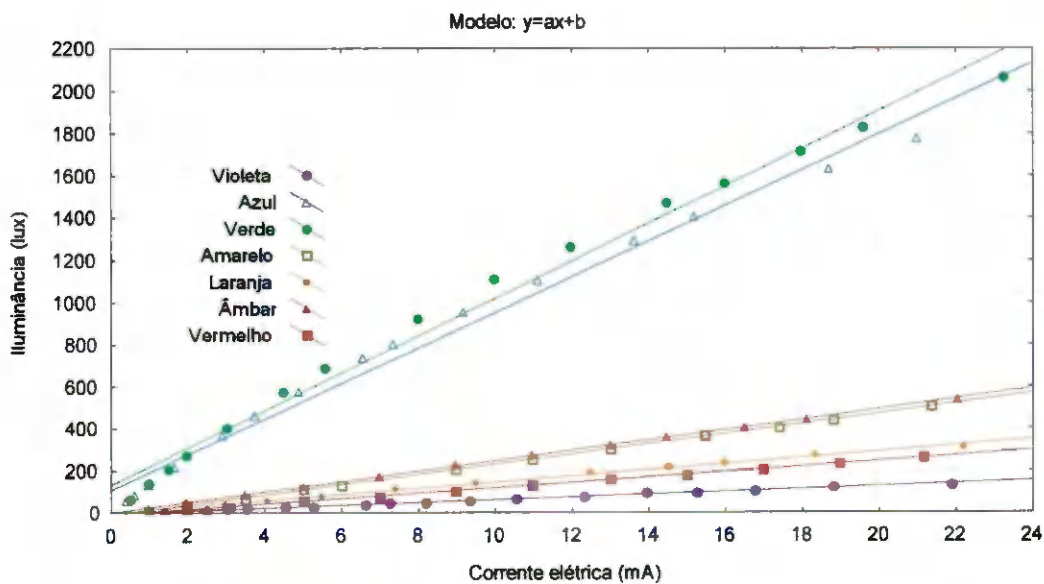


Figura A.1 – Valores experimentais da iluminância dos LED's de cada cor, em função da corrente elétrica e curvas ajustadas por equação linear

Tabela A.2 – Equações obtidas a partir de ajuste por equação quadrática aos dados experimentais da resposta do sensor, em função da iluminância calculada pela corrente sobre os LED's

LED	Equação estimada	R ² (%)	P(%)
Violeta	$V_s = -9,1443 \cdot 10^{-6}(L_{cal})^2 + 0,0225L_{cal} - 0,0235$	98,84	3,61
Azul	$V_s = -9,5264 \cdot 10^{-6}(L_{cal})^2 + 0,0241L_{cal} - 0,4736$	99,99	6,59
Verde	$V_s = -8,5181 \cdot 10^{-7}(L_{cal})^2 + 0,0091L_{cal} - 0,3797$	99,95	4,16
Amarelo	$V_s = -3,1026 \cdot 10^{-7}(L_{cal})^2 + 0,0096L_{cal} - 0,0008$	99,98	4,68
Laranja	$V_s = -5,9466 \cdot 10^{-6}(L_{cal})^2 + 0,0134L_{cal} + 0,0452$	99,94	2,35
Âmbar	$V_s = -1,8117 \cdot 10^{-6}(L_{cal})^2 + 0,0228L_{cal} - 0,0137$	99,93	2,39
Vermelho	$V_s = -6,8118 \cdot 10^{-7}(L_{cal})^2 + 0,0341L_{cal} - 0,0754$	99,92	11,69

V_s – Tensão de saída do fotosensor; L_{cal} – iluminância calculada (lux)

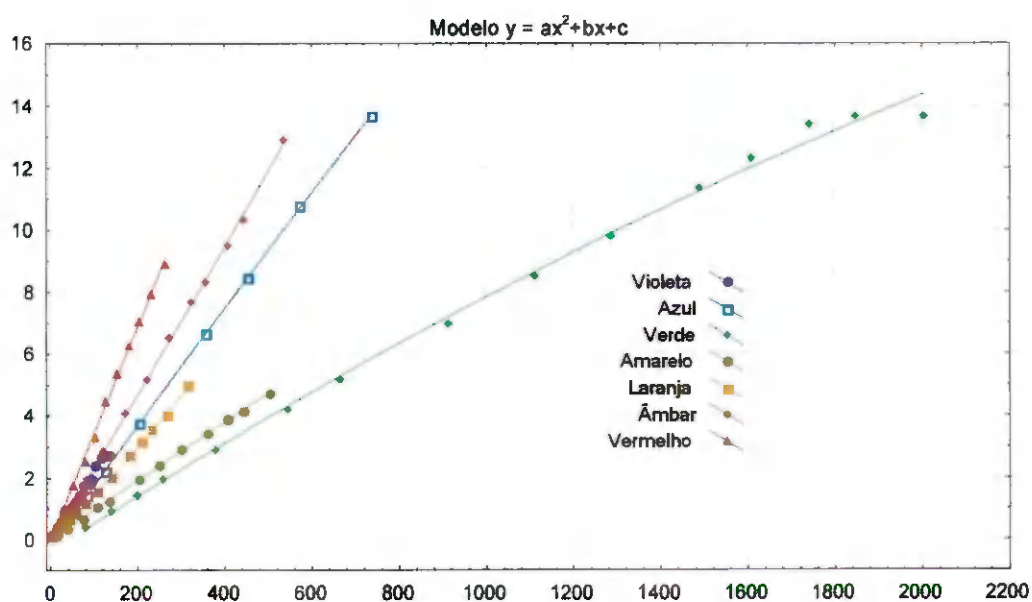


Figura A.2 – Valores experimentais da tensão nos terminais do sensor, em função da iluminância calculada e ajustes por equação quadrática

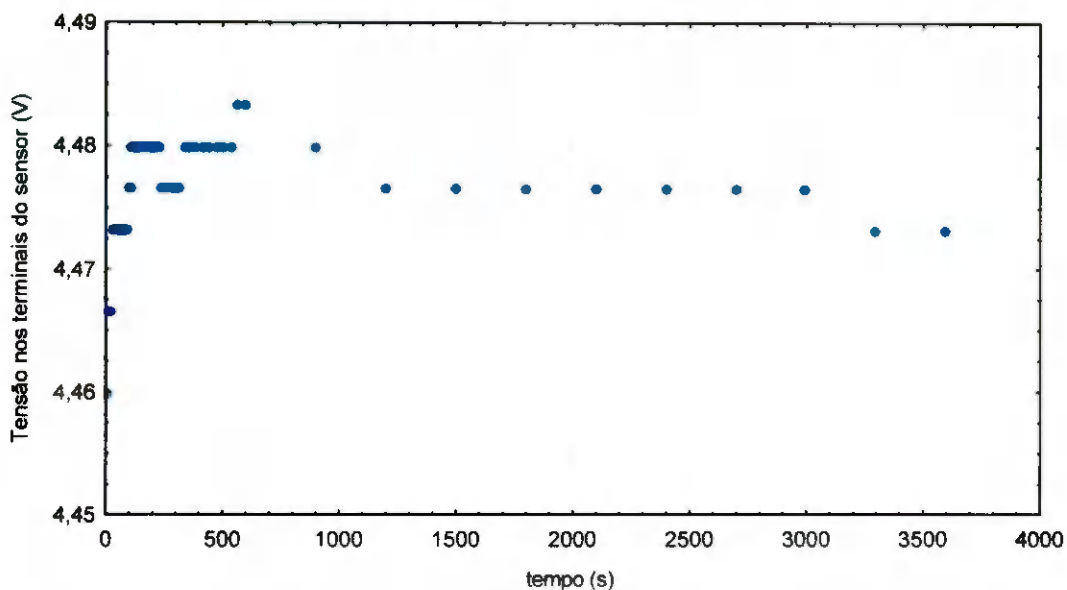


Figura A.3 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento azul

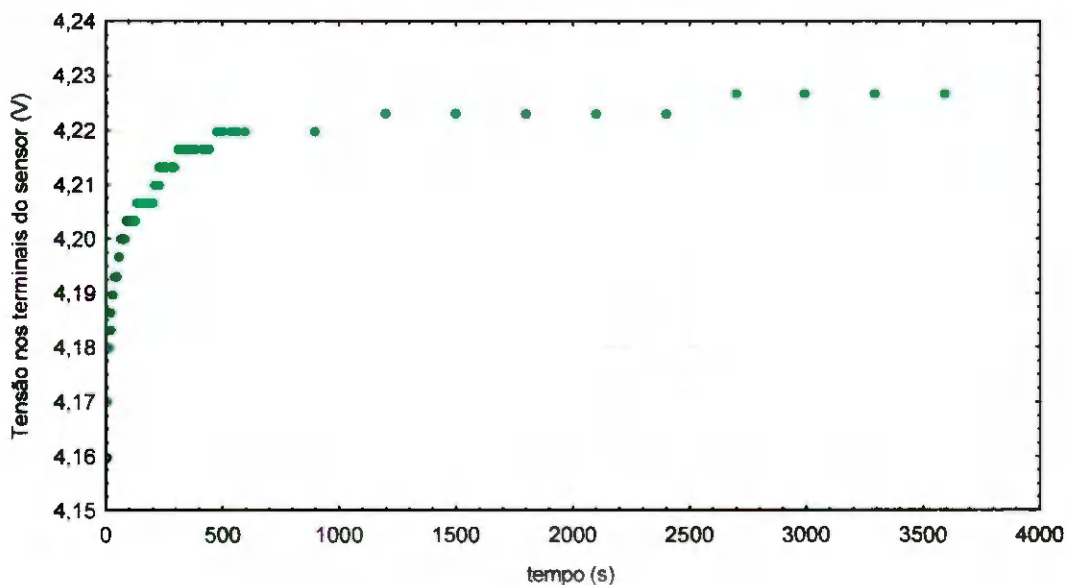


Figura A.4 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento verde

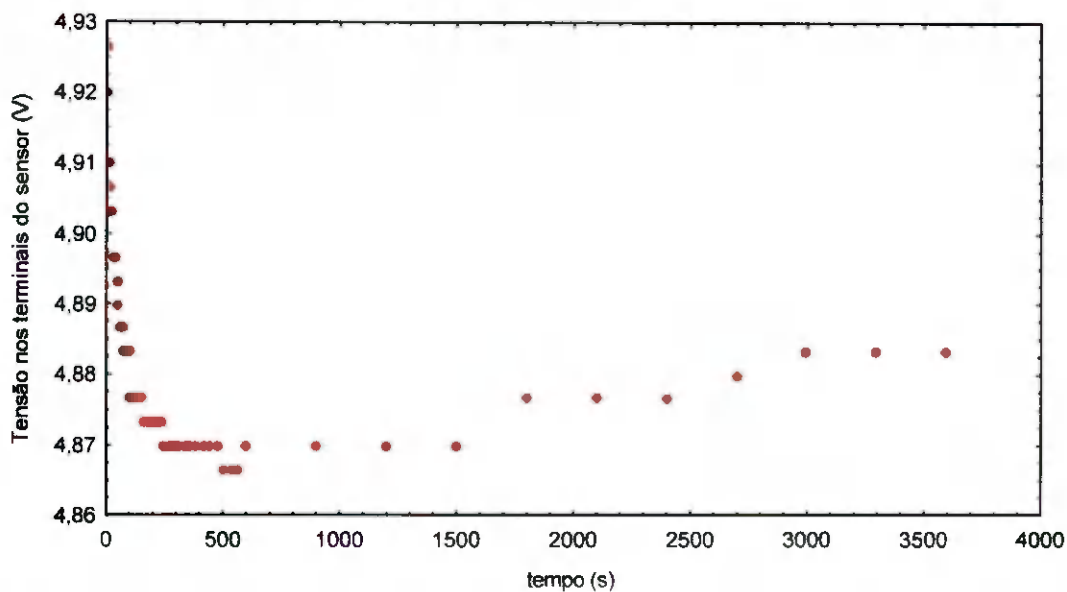


Figura A.5 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento âmbar

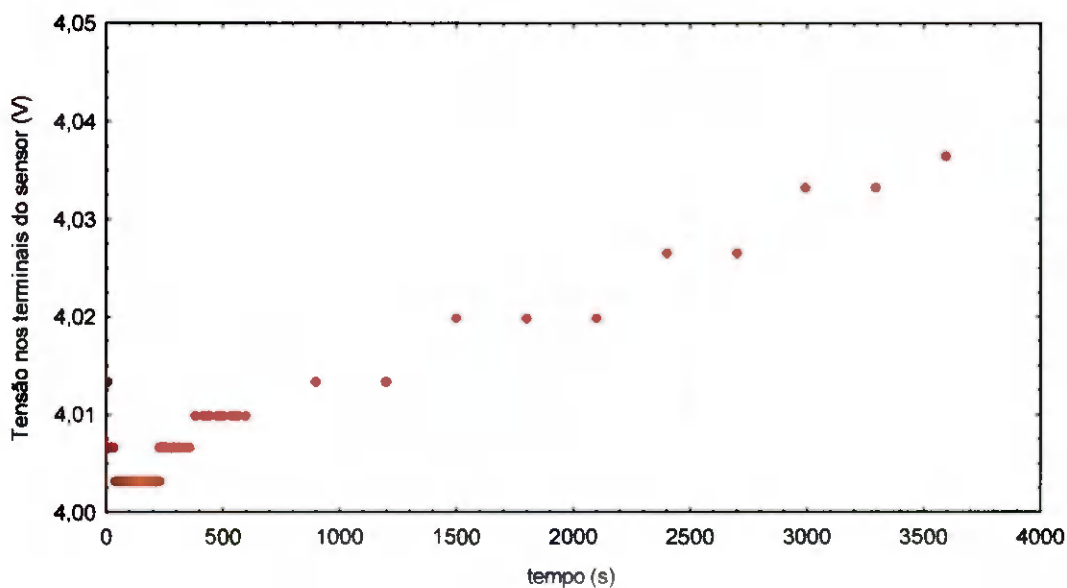


Figura A.6 – Valores experimentais da tensão do sensor, em função do tempo em uma amostra de magnésio prensado para o iluminamento vermelho

Tabela A.3 – Tensão média de saída do sensor para as 30 amostras em pó, secas em estufa e para o magnésio prensado (V), e refletância calculada (%)

LED's	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Leituras							
Tensão de saída para o Magnésio prensado	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
Tensão de saída para a amostra C100	0,63	1,15	0,73	0,49	0,60	1,99	1,99
Refletância calculada	39,38	25,78	17,35	23,66	29,34	40,82	49,38
Tensão de saída para a amostra C90Y10	0,35	1,01	0,96	0,62	0,73	2,15	2,00
Refletância calculada	21,88	22,65	22,63	30,31	35,66	44,10	49,55
Tensão de saída para a amostra C80Y20	0,56	1,17	1,28	0,78	0,86	2,35	2,13
Refletância calculada	34,79	26,15	30,21	38,09	41,98	48,12	52,77
Tensão de saída para a amostra C70Y30	0,24	0,76	1,11	0,71	0,81	2,24	2,02
Refletância calculada	15,00	16,92	26,26	34,52	39,22	45,80	49,96
Tensão de saída para a amostra C60Y40	0,29	0,89	1,20	0,74	0,80	2,12	1,93
Refletância calculada	18,33	19,97	28,39	35,82	39,06	43,48	47,73
Tensão de saída para a amostra C50Y50	0,45	1,11	1,51	0,90	0,95	2,41	2,15
Refletância calculada	27,92	24,89	35,73	43,92	46,24	49,28	53,34
Tensão de saída para a amostra C40Y60	0,12	0,32	1,02	0,82	0,92	2,39	2,09
Refletância calculada	7,71	7,23	24,13	39,71	44,73	49,01	51,69
Tensão de saída para a amostra C30Y70	0,11	0,26	0,97	0,81	0,90	2,30	2,00
Refletância calculada	6,88	5,89	22,87	39,38	43,76	47,10	49,46
Tensão de saída para a amostra C20Y80	0,12	0,28	1,08	0,91	0,97	2,35	2,00
Refletância calculada	7,50	6,33	25,63	44,08	47,33	48,19	49,55
Tensão de saída para a amostra C10Y90	0,13	0,31	1,22	1,09	1,17	2,84	2,41
Refletância calculada	7,92	7,00	28,86	53,00	56,89	58,23	59,79
Tensão de saída para a amostra Y100	0,25	0,67	1,69	1,68	1,76	4,25	3,55
Refletância calculada	15,42	15,05	40,06	81,85	85,58	87,10	87,86
Tensão de saída para a amostra Y90M10	0,13	0,31	0,61	0,58	0,88	2,89	2,68
Refletância calculada	8,13	6,93	14,35	28,20	42,63	59,25	66,39
Tensão de saída para a amostra Y80M20	0,12	0,25	0,42	0,46	0,77	2,78	2,64
Refletância calculada	7,29	5,51	9,86	22,37	37,60	56,86	65,32
Tensão de saída para a amostra Y70M30	0,24	0,60	0,64	0,49	0,71	2,34	2,24
Refletância calculada	15,00	13,49	15,22	23,99	34,68	47,92	55,57
Tensão de saída para a amostra Y60M40	0,27	0,66	0,61	0,49	0,68	2,29	2,14
Refletância calculada	16,88	14,75	14,43	23,82	33,06	46,83	53,10
Tensão de saída para a amostra Y50M50	0,25	0,65	0,54	0,42	0,60	2,05	2,00
Refletância calculada	15,63	14,46	12,78	20,26	29,17	42,05	49,63
Tensão de saída para a amostra Y40M60	0,25	0,62	0,48	0,35	0,52	1,75	1,73
Refletância calculada	15,83	13,86	11,28	17,02	25,12	35,84	42,86
Tensão de saída para a amostra Y30M70	0,14	0,27	0,19	0,20	0,37	1,69	1,82
Refletância calculada	8,54	5,96	4,42	9,72	18,15	34,54	45,17
Tensão de saída para a amostra Y20M80	0,33	0,82	0,47	0,33	0,48	1,64	1,64
Refletância calculada	20,42	18,41	11,04	15,88	23,18	33,58	40,71
Tensão de saída para a amostra Y10M90	0,27	0,63	0,37	0,26	0,37	1,32	1,40
Refletância calculada	17,08	14,16	8,83	12,80	18,15	27,03	34,68
Tensão de saída para a amostra M100	0,33	0,75	0,38	0,32	0,50	1,93	2,03
Refletância calculada	20,83	16,69	9,07	15,56	24,31	39,59	50,29
Tensão de saída para a amostra M90C10	0,39	0,86	0,39	0,35	0,55	2,04	2,04
Refletância calculada	24,17	19,15	9,31	16,86	26,90	41,84	50,62
Tensão de saída para a amostra M80C20	0,34	0,74	0,34	0,34	0,54	1,88	1,88
Refletância calculada	21,46	16,54	8,12	16,53	26,26	38,59	46,51
Tensão de saída para a amostra M70C30	0,33	0,69	0,34	0,32	0,48	1,64	1,65
Refletância calculada	20,63	15,35	7,97	15,56	23,50	33,65	40,96

Tabela A.3 – (Cont.) Tensão média de saída do sensor para as 30 amostras em pó, secas em estufa e para o magnésio prensado (V), e refletância calculada (%)

LED's	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Leituras							
Tensão de saída para a amostra M60C40	0,36	0,76	0,36	0,34	0,50	1,70	1,73
Refletância calculada	22,50	16,92	8,52	16,37	24,47	34,88	42,86
Tensão de saída para a amostra M50C50	0,49	1,09	0,54	0,38	0,52	1,65	1,63
Refletância calculada	30,83	24,29	12,78	18,48	25,12	33,86	40,46
Tensão de saída para a amostra M40C60	0,50	1,19	0,65	0,39	0,48	1,37	1,32
Refletância calculada	31,04	26,68	15,38	19,12	23,50	28,12	32,62
Tensão de saída para a amostra M30C70	0,48	1,11	0,59	0,45	0,59	1,74	1,74
Refletância calculada	29,79	24,89	14,04	21,72	28,53	35,63	43,19
Tensão de saída para a amostra M20C80	0,56	1,38	0,82	0,45	0,51	1,36	1,29
Refletância calculada	34,79	30,85	19,48	21,88	24,96	27,92	31,87
Tensão de saída para a amostra M10C90	0,35	0,94	0,54	0,51	0,69	2,17	2,02
Refletância calculada	21,67	21,09	12,78	24,80	33,71	44,37	50,04

Tabela A.4 – Tensão média de saída do sensor para as 30 amostras em pó, secas em temperatura ambiente e para o magnésio prensado (V), e refletância calculada (%)

LED's	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Leituras							
Tensão de saída para o Magnésio prensado	1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
Tensão de saída para a amostra C100	0,24	0,96	0,49	0,17	0,15	0,22	0,19
Refletância calculada	15,21	21,46	11,67	8,10	7,13	4,57	4,79
Tensão de saída para a amostra C90Y10	0,17	0,60	0,68	0,22	0,20	0,30	0,25
Refletância calculada	10,83	13,41	16,17	10,86	9,56	6,21	6,28
Tensão de saída para a amostra C80Y20	0,14	0,38	0,71	0,31	0,27	0,46	0,38
Refletância calculada	8,54	8,42	16,72	14,91	13,13	9,42	9,50
Tensão de saída para a amostra C70Y30	0,13	0,33	0,83	0,43	0,39	0,73	0,61
Refletância calculada	8,13	7,45	19,56	20,91	18,96	14,88	15,11
Tensão de saída para a amostra C60Y40	0,12	0,28	0,82	0,49	0,46	0,88	0,74
Refletância calculada	7,50	6,18	19,48	23,82	22,37	17,95	18,25
Tensão de saída para a amostra C50Y50	0,13	0,34	0,95	0,43	0,38	0,64	0,53
Refletância calculada	8,33	7,53	22,40	21,07	18,31	13,17	13,05
Tensão de saída para a amostra C40Y60	0,12	0,27	1,00	0,71	0,67	1,34	1,12
Refletância calculada	7,50	5,96	23,66	34,36	32,41	27,51	27,75
Tensão de saída para a amostra C30Y70	0,11	0,25	0,73	0,27	0,23	0,34	0,28
Refletância calculada	6,88	5,51	17,35	13,13	11,02	6,96	6,85
Tensão de saída para a amostra C20Y80	0,12	0,29	0,98	0,50	0,42	0,71	0,57
Refletância calculada	7,29	6,41	23,26	24,15	20,58	14,61	14,04
Tensão de saída para a amostra C10Y90	0,12	0,27	0,94	0,58	0,49	0,83	0,66
Refletância calculada	7,71	6,14	22,24	28,20	23,82	16,93	16,27
Tensão de saída para a amostra Y100	0,14	0,31	1,17	1,49	1,66	4,03	3,34
Refletância calculada	8,54	6,86	27,76	72,29	80,55	82,53	82,82
Tensão de saída para a amostra Y90M10	0,11	0,19	0,34	0,46	0,80	2,81	2,62
Refletância calculada	6,88	4,17	8,04	22,53	38,90	57,54	64,99
Tensão de saída para a amostra Y80M20	0,11	0,19	0,23	0,30	0,59	2,39	2,36
Refletância calculada	6,88	4,17	5,36	14,75	28,69	48,94	58,38
Tensão de saída para a amostra Y70M30	0,11	0,20	0,22	0,29	0,60	2,50	2,47
Refletância calculada	7,08	4,40	5,28	14,26	29,01	51,19	61,11
Tensão de saída para a amostra Y60M40	0,11	0,19	0,19	0,24	0,50	2,29	2,33
Refletância calculada	7,08	4,25	4,57	11,67	24,47	46,96	57,72
Tensão de saída para a amostra Y50M50	0,13	0,20	0,19	0,22	0,43	1,97	2,04
Refletância calculada	8,13	4,47	4,57	10,86	20,91	40,27	50,54
Tensão de saída para a amostra Y40M60	0,12	0,22	0,19	0,23	0,45	2,04	2,13
Refletância calculada	7,71	4,99	4,50	11,18	22,04	41,84	52,68
Tensão de saída para a amostra Y30M70	0,12	0,20	0,17	0,20	0,38	1,84	1,96
Refletância calculada	7,29	4,40	3,94	9,56	18,48	37,75	48,47
Tensão de saída para a amostra Y20M80	0,12	0,21	0,17	0,18	0,35	1,73	1,88
Refletância calculada	7,50	4,62	3,94	8,75	17,02	35,43	46,57
Tensão de saída para a amostra Y10M90	0,13	0,21	0,17	0,17	0,29	1,50	1,66
Refletância calculada	8,33	4,77	4,10	8,27	14,26	30,65	41,04
Tensão de saída para a amostra M100	0,16	0,26	0,18	0,19	0,35	1,68	1,83
Refletância calculada	10,00	5,74	4,34	9,24	17,02	34,33	45,25
Tensão de saída para a amostra M90C10	0,14	0,24	0,17	0,15	0,18	0,41	0,40
Refletância calculada	8,96	5,44	3,94	7,29	8,91	8,33	9,91
Tensão de saída para a amostra M80C20	0,14	0,25	0,16	0,14	0,17	0,34	0,34
Refletância calculada	8,75	5,59	3,79	6,81	8,27	7,03	8,42

Tabela A.4 – (Cont.) Tensão média de saída do sensor para as 30 amostras em pó, secas à temperatura ambiente e para o magnésio prensado (V), e refletância calculada (%)

LED's	Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Leituras							
Tensão de saída para a amostra M70C30	0,16	0,30	0,17	0,14	0,16	0,28	0,26
Refletância calculada	10,00	6,71	4,02	6,81	7,78	5,73	6,44
Tensão de saída para a amostra M60C40	0,17	0,32	0,17	0,14	0,16	0,30	0,29
Refletância calculada	10,63	7,15	3,94	6,97	7,78	6,08	7,18
Tensão de saída para a amostra M50C50	0,18	0,35	0,17	0,14	0,15	0,27	0,25
Refletância calculada	11,04	7,90	4,10	6,81	7,29	5,46	6,28
Tensão de saída para a amostra M40C60	0,18	0,41	0,18	0,13	0,14	0,20	0,18
Refletância calculada	11,25	9,09	4,26	6,32	6,65	4,16	4,38
Tensão de saída para a amostra M30C70	0,18	0,44	0,20	0,14	0,14	0,21	0,19
Refletância calculada	11,46	9,91	4,65	6,65	6,65	4,23	4,62
Tensão de saída para a amostra M20C80	0,19	0,50	0,23	0,14	0,14	0,21	0,19
Refletância calculada	12,08	11,18	5,36	6,81	6,81	4,23	4,71
Tensão de saída para a amostra M10C90	0,20	0,63	0,28	0,14	0,13	0,20	0,18
Refletância calculada	12,50	14,01	6,55	6,81	6,48	4,10	4,38

Tabela A.5 – Valores *tristimulus* (X, Y e Z), parâmetros do espaço de cor L*a*b* e diferença de cor (ΔE^*_{ab}) das 30 amostras em pó, secas à temperatura ambiente, obtidos com os colorímetros construído e Minolta CR-10

Amostra	Colorímetro construído						Colorímetro Minolta CR-10			ΔE^*_{ab}
	X	Y	Z	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
C100	7,13	9,78	10,56	37,45	-16,21	-25,46	28,63	2,73	-4,80	29,38
C90Y10	8,51	12,89	7,12	42,59	-25,39	-2,08	31,60	-5,57	16,93	29,58
C80Y20	11,03	14,66	4,85	45,16	-15,97	14,71	33,63	-2,60	28,73	22,55
C70Y30	15,65	18,70	4,57	50,33	-7,64	25,41	36,30	0,63	35,57	19,20
C60Y40	18,01	19,99	3,98	51,83	-0,74	31,97	39,07	3,13	41,63	16,47
C50Y50	15,10	19,88	4,77	51,70	-16,78	26,50	37,70	-4,47	37,37	21,58
C40Y60	26,10	26,68	4,13	58,68	8,14	42,79	41,37	7,10	46,97	17,84
C30Y70	9,14	13,95	3,55	44,16	-26,71	21,97	33,33	-8,10	34,00	24,66
C20Y80	16,76	21,33	4,30	53,31	-14,02	32,31	38,93	-4,37	42,17	19,92
C10Y90	19,17	22,26	4,12	54,31	-5,28	35,26	40,13	-1,00	44,33	17,37
Y100	63,85	49,32	4,79	75,65	49,65	67,65	52,80	30,73	65,03	29,77
Y90M10	33,95	21,54	2,41	53,54	60,53	48,04	34,90	47,97	38,40	24,45
Y80M20	27,22	16,43	2,25	47,53	60,82	39,29	30,70	49,57	31,97	21,53
Y70M30	28,00	17,18	2,40	48,49	59,89	39,37	30,77	49,47	31,23	22,11
Y60M40	25,09	14,90	2,25	45,50	60,63	35,76	29,80	50,30	29,53	19,80
Y50M50	21,97	13,39	2,36	43,34	55,79	30,97	27,80	46,07	26,70	18,83
Y40M60	22,87	13,64	2,57	43,71	58,44	29,48	28,27	47,13	25,90	19,47
Y30M70	20,35	12,22	2,28	41,56	55,67	28,64	27,13	45,03	25,00	18,29
Y20M80	19,16	11,60	2,39	40,57	53,90	25,89	26,93	45,87	24,17	15,92
Y10M90	16,86	10,41	2,45	38,58	50,06	21,85	26,30	43,20	22,57	14,08
M100	18,99	11,56	2,91	40,50	53,26	20,91	26,90	45,97	20,60	15,44
M90C10	7,16	5,91	2,76	29,20	19,65	2,77	22,40	20,17	13,87	13,02
M80C20	6,45	5,43	2,81	27,93	17,79	0,10	22,57	18,80	12,53	13,58
M70C30	5,94	5,32	3,34	27,62	13,52	-4,93	22,27	15,50	8,77	14,83
M60C40	6,18	5,40	3,54	27,83	15,22	-6,14	22,80	17,30	7,43	14,62
M50C50	5,87	5,32	3,89	27,62	12,65	-9,13	22,47	15,97	5,87	16,20
M40C60	5,20	5,05	4,45	26,88	7,92	-14,24	22,40	11,67	2,63	17,86
M30C70	5,41	5,37	4,85	27,77	6,70	-15,28	22,30	10,70	2,40	18,93
M20C80	5,62	5,83	5,47	28,99	3,88	-16,90	23,03	10,57	0,40	19,49
M10C90	5,74	6,48	6,84	30,59	-1,58	-21,43	24,17	8,57	-3,33	21,72

C ciano; Y amarelo; M – magenta

APÉNDICE B

Tabela B.1 – Valores de tensão e refletância para os exemplares de mamão, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Magnésio			1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
M1/1	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,35	0,83	0,93	0,97	2,29	1,91
		Refletância (%)	11,46	7,76	19,62	44,98	47,09	46,86	47,36
	Polpa	Tensão Média (V)	0,23	0,39	0,60	0,86	1,12	3,14	2,74
		Refletância (%)	14,17	8,72	14,18	41,75	54,37	64,34	67,74
M1/2	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,34	0,99	1,15	1,18	2,66	2,16
		Refletância (%)	11,46	7,68	23,33	55,99	57,44	54,51	53,55
	Polpa	Tensão Média (V)	0,28	0,51	0,76	0,98	1,20	3,21	2,76
		Refletância (%)	17,71	11,48	18,05	47,57	58,25	65,78	68,40
M1/3	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,40	1,18	1,32	1,35	3,11	2,50
		Refletância (%)	12,50	8,95	27,97	64,24	65,37	63,66	61,80
	Polpa	Tensão Média (V)	0,25	0,45	0,67	0,93	1,18	3,19	2,75
		Refletância (%)	15,83	10,14	15,84	45,15	57,28	65,37	68,15
M1/4	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,39	1,06	1,16	1,18	2,63	2,17
		Refletância (%)	12,50	8,65	25,06	56,47	57,44	53,89	53,71
	Polpa	Tensão Média (V)	0,25	0,45	0,66	0,87	1,11	3,06	2,66
		Refletância (%)	15,83	10,14	15,68	42,39	54,05	62,70	65,84
M1/5	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,39	0,96	1,02	1,09	2,47	2,00
		Refletância (%)	11,88	8,65	22,77	49,35	52,75	50,55	49,50
	Polpa	Tensão Média (V)	0,21	0,38	0,57	0,80	1,06	3,05	2,69
		Refletância (%)	13,33	8,58	13,55	38,83	51,62	62,57	66,67
M1/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,19	0,27	0,37	0,49	0,62	1,65	1,45
		Refletância (%)	11,88	6,04	8,83	23,79	30,10	33,81	35,97
M2/1	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,42	1,05	1,18	1,20	2,78	2,35
		Refletância (%)	13,33	9,47	24,90	57,28	58,25	56,97	58,17
	Polpa	Tensão Média (V)	0,20	0,32	0,47	0,72	0,97	2,82	2,51
		Refletância (%)	12,50	7,23	11,03	34,95	46,93	57,72	62,05
M2/2	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,37	1,07	1,27	1,31	3,02	2,47
		Refletância (%)	12,50	8,28	25,30	61,81	63,59	61,89	61,22
	Polpa	Tensão Média (V)	0,18	0,30	0,40	0,60	0,81	2,22	2,02
		Refletância (%)	11,46	6,64	9,46	29,29	39,32	45,42	50,08
M2/3	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,37	1,00	1,17	1,20	2,75	2,28
		Refletância (%)	11,88	8,28	23,72	56,96	58,41	56,35	56,52
	Polpa	Tensão Média (V)	0,21	0,35	0,49	0,73	0,97	2,58	2,37
		Refletância (%)	13,33	7,90	11,66	35,44	46,93	52,87	58,75
M2/4	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,33	0,84	1,02	1,02	2,30	1,96
		Refletância (%)	11,67	7,38	19,94	49,35	49,68	47,20	48,43
	Polpa	Tensão Média (V)	0,23	0,38	0,54	0,78	1,01	2,81	2,52
		Refletância (%)	14,17	8,43	12,84	38,03	49,19	57,58	62,46
M2/5	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,38	1,04	1,25	1,30	3,02	2,51
		Refletância (%)	12,50	8,58	24,59	60,52	63,11	61,89	62,05
	Polpa	Tensão Média (V)	0,18	0,30	0,38	0,52	0,70	1,85	1,73
		Refletância (%)	11,46	6,71	8,98	25,08	33,98	37,84	42,82
M2/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,20	0,32	0,43	0,55	0,69	1,77	1,57
		Refletância (%)	12,71	7,16	10,09	26,54	33,33	36,34	38,86

Tabela B.1 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de mamão, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
M3/1	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,34	1,12	1,27	1,30	2,95	2,41
		Refletância (%)	11,46	7,61	26,40	61,81	63,27	60,52	59,65
	Polpa	Tensão Média (V)	0,34	0,63	0,93	1,12	1,33	3,49	2,95
		Refletância (%)	21,25	14,02	21,91	54,53	64,72	71,45	72,94
M3/2	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,34	1,20	1,27	1,23	2,74	2,20
		Refletância (%)	11,67	7,61	28,45	61,65	59,55	56,22	54,54
	Polpa	Tensão Média (V)	0,33	0,63	0,97	1,13	1,34	3,42	2,89
		Refletância (%)	20,83	14,17	23,01	55,02	64,89	70,15	71,62
M3/3	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,31	0,79	0,98	1,04	2,46	2,05
		Refletância (%)	11,04	7,01	18,68	47,57	50,32	50,48	50,66
	Polpa	Tensão Média (V)	0,24	0,42	0,61	0,85	1,07	2,94	3,58
		Refletância (%)	15,00	9,40	14,50	41,42	52,10	60,25	88,70
M3/4	Casca	Tensão Média (V)	0,17	0,30	0,70	0,80	0,85	1,99	1,68
		Refletância (%)	10,42	6,64	16,47	38,67	41,26	40,85	41,67
	Polpa	Tensão Média (V)	0,26	0,45	0,67	0,90	1,14	3,11	2,72
		Refletância (%)	16,04	10,07	15,76	43,53	55,34	63,66	67,24
M3/5	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,34	0,91	1,04	1,11	2,57	2,10
		Refletância (%)	11,88	7,61	21,43	50,49	53,88	52,73	51,98
	Polpa	Tensão Média (V)	0,27	0,49	0,74	0,93	1,17	3,16	2,72
		Refletância (%)	16,67	11,04	17,49	45,31	56,63	64,82	67,33
M3/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,21	0,37	0,49	0,54	0,74	1,81	1,60
		Refletância (%)	13,33	8,35	11,66	26,23	35,92	37,16	39,69
M4/1	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,34	0,95	1,14	1,24	2,91	2,40
		Refletância (%)	12,50	7,61	22,54	55,34	60,03	59,56	59,49
	Polpa	Tensão Média (V)	0,27	0,46	0,66	0,83	1,07	2,83	2,50
		Refletância (%)	16,67	10,29	15,52	40,29	51,78	58,06	61,88
M4/2	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,38	1,11	1,24	1,32	3,14	2,56
		Refletância (%)	12,92	8,43	26,16	60,19	64,08	64,28	63,45
	Polpa	Tensão Média (V)	0,31	0,56	0,83	1,05	1,29	3,49	2,99
		Refletância (%)	19,38	12,53	19,70	50,81	62,62	71,52	74,01
M4/3	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,39	1,09	1,21	1,25	2,83	2,32
		Refletância (%)	13,13	8,65	25,77	58,58	60,68	58,06	57,51
	Polpa	Tensão Média (V)	0,31	0,58	0,88	1,07	1,30	3,47	3,00
		Refletância (%)	19,58	13,05	20,72	52,10	63,27	71,17	74,17
M4/4	Casca	Tensão Média (V)	0,22	0,41	1,25	1,35	1,38	3,11	2,54
		Refletância (%)	13,54	9,25	29,55	65,53	67,15	63,80	62,95
	Polpa	Tensão Média (V)	0,36	0,74	1,14	1,25	1,44	3,67	3,08
		Refletância (%)	22,50	16,63	26,95	60,52	69,74	75,27	76,32
M4/5	Casca	Tensão Média (V)	0,17	0,34	1,01	1,17	1,28	3,09	2,50
		Refletância (%)	10,63	7,68	23,80	56,96	62,14	63,32	61,96
	Polpa	Tensão Média (V)	0,25	0,49	0,75	0,97	1,22	3,36	2,91
		Refletância (%)	15,83	10,89	17,73	47,09	59,06	68,92	72,03
M4/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,16	0,30	0,42	0,55	0,69	1,82	1,62
		Refletância (%)	10,21	6,64	9,93	26,54	33,33	37,36	40,02

Tabela B.1 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de mamão, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
M5/1	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,40	0,74	0,51	0,48	0,84	0,67
		Refletância (%)	12,71	8,87	17,57	24,92	23,46	17,14	16,58
	Polpa	Tensão Média (V)	0,45	0,90	1,64	1,47	1,47	3,33	2,74
		Refletância (%)	27,92	20,06	38,77	71,52	71,52	68,17	67,74
M5/2	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,45	0,95	0,66	0,62	1,07	0,83
		Refletância (%)	12,29	10,14	22,38	32,20	29,94	21,86	20,54
	Polpa	Tensão Média (V)	0,41	0,83	1,51	1,40	1,44	3,27	2,68
		Refletância (%)	25,83	18,64	35,62	68,12	70,06	67,08	66,42
M5/3	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,58	1,51	1,02	0,96	1,07	0,83
		Refletância (%)	13,13	12,90	35,78	49,68	46,44	21,86	20,54
	Polpa	Tensão Média (V)	0,46	0,98	1,97	1,71	1,67	3,27	2,68
		Refletância (%)	28,54	21,85	46,57	83,01	81,23	67,08	66,42
M5/4	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,48	1,18	0,78	0,74	1,35	1,01
		Refletância (%)	12,92	10,81	27,82	37,86	35,92	27,60	24,92
	Polpa	Tensão Média (V)	0,40	0,83	1,50	1,42	1,40	3,21	2,74
		Refletância (%)	24,79	18,49	35,38	68,93	68,12	65,71	67,74
M5/5	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,55	1,48	0,98	0,93	1,79	1,36
		Refletância (%)	13,13	12,23	35,07	47,73	45,31	36,75	33,75
	Polpa	Tensão Média (V)	0,40	0,83	1,54	1,41	1,44	3,31	2,72
		Refletância (%)	25,21	18,49	36,49	68,45	69,74	67,90	67,41
M5/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,23	0,40	0,62	0,60	0,62	1,30	1,08
		Refletância (%)	14,17	8,87	14,66	29,29	29,94	26,57	26,65
M6/1	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,44	1,14	0,90	0,87	1,90	1,50
		Refletância (%)	12,92	9,84	26,87	43,69	42,39	38,87	37,05
	Polpa	Tensão Média (V)	0,40	0,79	1,32	1,37	1,49	2,77	2,39
		Refletância (%)	25,21	17,60	31,28	66,50	72,33	56,69	59,08
M6/2	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,50	1,28	1,00	0,96	1,90	1,50
		Refletância (%)	13,33	11,11	30,18	48,71	46,44	38,87	37,05
	Polpa	Tensão Média (V)	0,29	0,51	0,85	1,01	1,15	2,77	2,39
		Refletância (%)	17,92	11,48	20,09	48,87	55,83	56,69	59,08
M6/3	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,45	1,20	0,94	0,90	1,76	1,39
		Refletância (%)	12,92	9,99	28,29	45,63	43,69	36,07	34,32
	Polpa	Tensão Média (V)	0,38	0,74	1,31	1,35	1,46	3,45	2,90
		Refletância (%)	23,75	16,55	30,97	65,70	71,04	70,70	71,70
M6/4	Casca	Tensão Média (V)	0,21	0,46	1,21	0,91	0,85	1,66	1,33
		Refletância (%)	13,13	10,29	28,61	44,01	41,26	34,02	33,00
	Polpa	Tensão Média (V)	0,35	0,65	1,10	1,22	1,35	3,28	2,75
		Refletância (%)	22,08	14,47	26,08	59,06	65,53	67,21	67,99
M6/5	Casca	Tensão Média (V)	0,25	0,69	1,63	1,25	1,24	2,66	2,08
		Refletância (%)	15,42	15,36	38,53	60,84	60,19	54,51	51,57
	Polpa	Tensão Média (V)	0,40	0,79	1,32	1,32	1,40	3,25	2,77
		Refletância (%)	25,21	17,67	31,13	63,92	67,96	66,53	68,65
M6/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,22	0,34	0,54	0,62	0,70	1,58	1,31
		Refletância (%)	13,54	7,68	12,69	30,10	34,14	32,31	32,51

Tabela B.1 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de mamão, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
M7/1	Casca	Tensão Média (V)	0,22	0,52	1,43	1,36	1,39	3,11	2,53
		Refletância (%)	13,96	11,56	33,73	65,86	67,31	63,80	62,54
	Polpa	Tensão Média (V)	0,33	0,65	1,23	1,36	1,51	3,68	3,08
		Refletância (%)	20,83	14,62	29,00	66,18	73,30	75,41	76,16
M7/2	Casca	Tensão Média (V)	0,26	0,62	1,72	1,55	1,54	3,39	2,75
		Refletância (%)	16,46	13,94	40,58	75,24	74,60	69,54	67,99
	Polpa	Tensão Média (V)	0,30	0,54	0,94	1,14	1,31	3,27	2,78
		Refletância (%)	18,54	12,16	22,14	55,18	63,59	67,08	68,81
M7/3	Casca	Tensão Média (V)	0,24	0,55	1,62	1,49	1,50	3,36	2,68
		Refletância (%)	15,00	12,23	38,22	72,33	72,98	68,92	66,25
	Polpa	Tensão Média (V)	0,28	0,50	0,89	1,11	1,28	3,12	2,66
		Refletância (%)	17,29	11,26	21,12	53,88	62,14	63,87	65,84
M7/4	Casca	Tensão Média (V)	0,23	0,51	1,55	1,48	1,51	3,44	2,84
		Refletância (%)	14,17	11,41	36,56	72,01	73,46	70,42	70,30
	Polpa	Tensão Média (V)	0,27	0,50	0,94	1,18	1,34	3,34	2,82
		Refletância (%)	16,88	11,26	22,30	57,44	65,21	68,44	69,80
M7/5	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,45	1,21	1,17	1,23	2,89	2,36
		Refletância (%)	12,29	9,99	28,61	56,96	59,71	59,22	58,33
	Polpa	Tensão Média (V)	0,27	0,53	1,01	1,16	1,31	3,20	2,72
		Refletância (%)	16,67	11,93	23,80	56,47	63,59	65,57	67,24
M7/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,18	0,30	0,46	0,57	0,67	1,65	1,42
		Refletância (%)	11,04	6,79	10,87	27,67	32,69	33,88	35,15
M8/1	Casca	Tensão Média (V)	0,17	0,38	0,59	0,33	0,30	0,52	0,41
		Refletância (%)	10,63	8,58	13,95	16,02	14,56	10,59	10,15
	Polpa	Tensão Média (V)	0,69	1,79	2,61	1,66	1,58	3,45	2,84
		Refletância (%)	42,92	40,12	61,62	80,74	76,70	70,70	70,21
M8/2	Casca	Tensão Média (V)	0,17	0,39	0,62	0,35	0,32	0,56	0,44
		Refletância (%)	10,42	8,80	14,66	16,83	15,70	11,54	10,89
	Polpa	Tensão Média (V)	0,68	1,84	2,58	1,59	1,50	3,24	2,64
		Refletância (%)	42,50	41,09	60,99	77,02	72,65	66,46	65,35
M8/3	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,39	0,62	0,34	0,31	0,53	0,42
		Refletância (%)	11,67	8,72	14,74	16,67	15,05	10,79	10,40
	Polpa	Tensão Média (V)	0,77	2,08	2,82	1,72	1,64	3,57	2,90
		Refletância (%)	48,13	46,53	66,59	83,66	79,77	73,22	71,78
M8/4	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,36	0,73	0,39	0,36	0,62	0,47
		Refletância (%)	11,25	8,05	17,26	18,93	17,48	12,70	11,72
	Polpa	Tensão Média (V)	0,74	2,01	2,78	1,71	1,62	3,52	2,86
		Refletância (%)	46,25	44,89	65,72	82,85	78,48	72,20	70,79
M8/5	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,39	0,65	0,34	0,31	0,53	0,43
		Refletância (%)	11,25	8,80	15,29	16,67	15,21	10,93	10,56
	Polpa	Tensão Média (V)	0,72	1,91	2,76	1,71	1,62	3,54	2,89
		Refletância (%)	45,21	42,65	65,25	83,01	78,80	72,61	71,62
M8/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,43	1,08	1,66	1,06	1,01	2,08	1,70
		Refletância (%)	26,67	24,09	39,32	51,62	49,19	42,69	42,16

Tabela B.1 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de mamão, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
M9/1	Casca	Tensão Média (V)	0,15	0,28	0,37	0,22	0,21	0,34	0,27
		Refletância (%)	9,58	6,19	8,83	10,84	10,36	6,97	6,68
	Polpa	Tensão Média (V)	0,62	1,67	2,59	1,58	1,52	3,27	2,65
		Refletância (%)	38,75	37,43	61,31	76,70	73,62	67,01	65,68
M9/2	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,49	0,97	0,56	0,54	0,97	0,74
		Refletância (%)	12,29	10,96	22,93	27,18	26,21	19,95	18,32
	Polpa	Tensão Média (V)	0,60	1,59	2,55	1,63	1,55	3,36	2,73
		Refletância (%)	37,71	35,57	60,36	79,13	75,24	68,92	67,57
M9/3	Casca	Tensão Média (V)	0,20	0,52	0,74	0,47	0,46	0,89	0,70
		Refletância (%)	12,50	11,56	17,42	22,65	22,49	18,31	17,41
	Polpa	Tensão Média (V)	0,54	1,40	2,48	1,60	1,53	3,29	2,64
		Refletância (%)	33,96	31,25	58,55	77,51	74,11	67,49	65,43
M9/4	Casca	Tensão Média (V)	0,18	0,37	0,58	0,32	0,29	0,50	0,40
		Refletância (%)	11,25	8,35	13,71	15,53	14,24	10,31	9,82
	Polpa	Tensão Média (V)	0,61	1,48	2,48	1,69	1,61	3,53	2,87
		Refletância (%)	37,92	33,11	58,71	82,20	78,32	72,34	71,12
M9/5	Casca	Tensão Média (V)	0,19	0,43	0,77	0,46	0,44	0,81	0,59
		Refletância (%)	11,67	9,55	18,20	22,17	21,36	16,60	14,60
	Polpa	Tensão Média (V)	0,49	1,21	2,32	1,63	1,56	3,42	2,77
		Refletância (%)	30,83	27,07	54,77	79,29	75,73	70,15	68,48
M9/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,39	0,85	1,44	1,13	1,11	2,37	1,96
		Refletância (%)	24,58	19,09	34,12	55,02	54,05	48,57	48,60
M10/1	Casca	Tensão Média (V)	0,16	0,36	0,76	0,42	0,38	0,64	0,49
		Refletância (%)	10,00	7,98	17,89	20,55	18,45	13,18	12,05
	Polpa	Tensão Média (V)	0,67	1,83	2,78	1,76	1,67	3,71	3,02
		Refletância (%)	41,67	41,01	65,80	85,28	81,07	76,09	74,75
M10/2	Casca	Tensão Média (V)	0,15	0,35	0,69	0,40	0,37	0,63	0,48
		Refletância (%)	9,58	7,76	16,39	19,42	17,80	12,91	11,80
	Polpa	Tensão Média (V)	0,54	1,46	2,49	1,63	1,59	3,56	2,94
		Refletância (%)	33,96	32,74	58,79	79,29	77,35	73,02	72,69
M10/3	Casca	Tensão Média (V)	0,16	0,42	0,86	0,48	0,43	0,73	0,57
		Refletância (%)	10,00	9,40	20,25	23,14	20,87	14,89	14,03
	Polpa	Tensão Média (V)	0,58	1,56	2,57	1,68	1,64	3,70	3,01
		Refletância (%)	36,46	34,82	60,84	81,55	79,61	75,82	74,59
M10/4	Casca	Tensão Média (V)	0,17	0,48	1,04	0,60	0,58	1,07	0,81
		Refletância (%)	10,63	10,66	24,67	29,29	27,99	21,86	20,13
	Polpa	Tensão Média (V)	0,61	1,71	2,71	1,68	1,66	3,70	3,02
		Refletância (%)	38,33	38,33	63,99	81,55	80,42	75,82	74,75
M10/5	Casca	Tensão Média (V)	0,16	0,47	1,11	0,63	0,56	1,02	0,78
		Refletância (%)	10,21	10,44	26,16	30,42	27,18	20,97	19,22
	Polpa	Tensão Média (V)	0,63	1,71	2,66	1,71	1,65	3,69	3,01
		Refletância (%)	39,38	38,26	62,96	82,85	79,94	75,68	74,59
M10/6	Polpa	Tensão Média (V)	0,49	1,23	1,93	1,26	1,19	2,59	2,14
		Refletância (%)	30,42	27,59	45,55	61,17	57,93	53,01	52,97

Tabela B.2 – Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para o mamão

Amostra		L*	a*	b*	IC	SST	pH
M1/1	Casca	62,20	35,02	45,76	19,54		
	Polpa	61,97	54,78	43,80	25,21	14,28	5,50
M1/2	Casca	67,09	36,79	53,37	16,92		
	Polpa	65,12	50,30	40,76	23,86	13,64	5,78
M1/3	Casca	71,48	37,10	56,11	15,43		
	Polpa	63,63	53,25	42,21	24,63	13,88	5,53
M1/4	Casca	67,84	34,19	51,39	16,33		
	Polpa	62,57	51,52	40,42	25,15	14,02	5,37
M1/5	Casca	65,11	33,60	47,31	17,79		
	Polpa	60,77	54,45	42,39	25,97	14,44	5,42
M1/6	Polpa	48,59	41,63	31,40	32,86	13,72	5,35
M2/1	Casca	68,34	36,54	50,03	17,26		
	Polpa	57,76	55,70	42,20	27,60	14,45	5,20
M2/2	Casca	69,89	39,53	55,88	16,53		
	Polpa	53,29	50,76	37,12	30,30	13,65	5,21
M2/3	Casca	67,70	37,70	52,57	17,21		
	Polpa	57,61	52,55	39,54	27,74	14,19	5,15
M2/4	Casca	63,31	36,16	48,72	18,83		
	Polpa	59,48	53,08	40,76	26,67	14,22	5,08
M2/5	Casca	69,44	40,44	54,46	17,17		
	Polpa	50,32	45,84	31,91	32,62	14,24	5,22
M2/6	Polpa	50,91	41,75	30,95	31,56	12,88	5,23
M3/1	Casca	70,13	37,17	57,99	15,39		
	Polpa	68,80	48,71	40,34	22,39	12,95	5,50
M3/2	Casca	70,19	31,33	57,55	13,62		
	Polpa	69,18	46,64	40,48	21,83	11,70	5,40
M3/3	Casca	62,84	39,58	49,48	19,88		
	Polpa	62,45	56,35	42,60	25,55	14,38	5,35
M3/4	Casca	58,31	34,69	43,62	21,35		
	Polpa	63,02	52,25	41,37	24,88	14,58	5,28
M3/5	Casca	65,02	37,27	50,54	18,25		
	Polpa	64,29	50,17	40,61	24,18	13,56	5,39
M3/6	Polpa	52,26	39,39	28,96	30,83	12,34	5,42
M4/1	Casca	67,42	40,96	54,31	17,86		
	Polpa	61,44	49,14	38,08	25,73	14,45	5,43
M4/2	Casca	70,26	39,18	55,86	16,35		
	Polpa	67,25	51,32	41,51	23,12	13,44	5,46
M4/3	Casca	69,06	36,08	53,26	16,24		
	Polpa	67,89	50,00	41,21	22,73	12,83	5,41
M4/4	Casca	72,39	35,75	56,45	14,78		
	Polpa	72,25	44,86	40,03	20,65	12,61	5,53
M4/5	Casca	68,64	41,18	55,97	17,27		
	Polpa	65,33	52,27	42,75	23,70	13,45	5,35
M4/6	Polpa	50,97	42,71	33,07	31,03	11,38	5,37
M5/1	Casca	50,93	4,06	23,61	6,66		
	Polpa	77,15	28,75	40,27	15,06	8,29	5,33
M5/2	Casca	56,59	4,20	28,74	5,11		
	Polpa	75,49	31,16	40,38	16,19	8,32	5,41
M5/3	Casca	67,11	-5,15	37,48	-4,06		
	Polpa	81,31	23,21	43,40	11,60	8,10	5,35
M5/4	Casca	61,54	3,02	34,32	2,85		
	Polpa	75,36	31,06	40,49	16,15	8,09	5,40
5/5	Casca	67,95	4,42	40,53	3,19		
	Polpa	75,88	30,43	41,19	15,66	7,95	5,33
M5/6	Polpa	52,34	23,46	26,69	25,23	8,18	5,38

Tabela B.2 – (Cont.) Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para o mamão

Amostra		L*	a*	b*	IC	SST	pH
M6/1	Casca	63,91	16,37	41,02	11,60		
	Polpa	73,06	32,84	38,78	17,69	8,79	5,36
M6/2	Casca	66,43	13,81	41,46	9,51		
	Polpa	65,00	42,52	40,08	22,39	9,34	5,49
M6/3	Casca	64,62	13,26	41,53	9,41		
	Polpa	73,99	38,54	42,42	18,18	9,03	5,51
M6/4	Casca	64,13	10,44	39,86	7,90		
	Polpa	70,64	41,53	41,73	19,97	9,17	5,49
M6/5	Casca	73,76	17,37	43,31	10,09		
	Polpa	73,31	36,03	39,11	18,48	8,65	5,45
M6/6	Polpa	52,62	33,45	31,36	27,73	9,39	5,51
M7/1	Casca	73,96	30,44	52,58	13,55		
	Polpa	73,88	43,29	46,49	18,45	11,14	5,55
M7/2	Casca	78,30	27,62	53,49	11,72		
	Polpa	68,43	46,27	43,92	21,20	10,68	5,54
M7/3	Casca	77,00	29,05	55,35	12,07		
	Polpa	67,39	45,97	44,53	21,32	10,69	5,55
M7/4	Casca	76,63	32,09	56,92	12,82		
	Polpa	69,03	47,04	47,11	20,47	10,86	5,59
M7/5	Casca	70,00	32,12	50,72	15,28		
	Polpa	69,10	43,31	45,33	19,99	10,90	5,61
M7/6	Polpa	51,11	37,91	32,43	29,74	10,38	5,59
M8/1	Casca	43,89	-4,48	13,44	-14,41		
	Polpa	85,71	9,28	25,64	7,94	6,79	5,55
M8/2	Casca	45,00	-3,92	14,51	-11,58		
	Polpa	84,67	6,48	22,90	6,43	6,31	5,84
M8/3	Casca	44,79	-5,55	14,29	-16,16		
	Polpa	87,70	7,07	21,97	6,99	6,28	5,92
M8/4	Casca	47,81	-7,06	20,82	-13,44		
	Polpa	87,25	6,92	22,91	6,63	6,39	5,82
M8/5	Casca	45,26	-6,73	14,76	-18,33		
	Polpa	87,16	7,52	25,08	6,59	6,76	5,86
M8/6	Polpa	71,32	6,45	23,89	7,31	6,54	5,83
M9/1	Casca	36,00	-1,38	9,38	-8,08		
	Polpa	84,75	6,15	27,04	5,24	7,94	5,73
M9/2	Casca	55,30	-2,36	24,34	-3,49		
	Polpa	84,91	8,61	29,55	6,59	7,55	5,81
M9/3	Casca	50,48	4,48	15,81	10,80		
	Polpa	84,00	8,76	33,43	6,03	7,85	5,86
M9/4	Casca	43,45	-4,84	13,38	-15,66		
	Polpa	85,12	12,76	32,96	8,48	8,40	5,64
M9/5	Casca	50,33	-0,83	20,61	-1,59		
	Polpa	83,33	14,22	38,20	8,37	8,05	5,76
M9/6	Polpa	70,63	18,50	31,53	14,33	8,02	5,74
M10/1	Casca	48,83	-6,51	22,69	-11,30		
	Polpa	87,82	9,09	27,96	7,04	7,21	5,57
M10/2	Casca	47,39	-4,27	21,34	-8,29		
	Polpa	84,87	12,31	33,07	8,22	7,53	5,62
M10/3	Casca	51,57	-6,66	22,72	-10,90		
	Polpa	85,97	12,33	32,21	8,31	7,29	5,64
M10/4	Casca	57,06	-2,34	27,81	-2,94		
	Polpa	86,91	9,70	29,51	7,19	7,05	5,63
M10/5	Casca	57,86	-5,86	29,42	-6,75		
	Polpa	86,73	10,80	29,36	7,96	7,06	5,63
M10/6	Polpa	76,24	9,27	26,45	8,67	6,86	5,80

Tabela B.3 – Valores de tensão e refletância para os exemplares de goiaba, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Magnésio			1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
G1/1	Casca	Tensão média (V)	0,27	0,67	1,23	0,88	0,90	2,06	1,68
		Refletância (%)	17,08	14,99	29,08	42,72	43,85	42,28	41,67
	Polpa	Tensão média (V)	0,44	1,06	1,10	0,96	1,21	3,30	2,92
		Refletância (%)	27,71	23,79	26,00	46,76	58,58	67,69	72,19
G1/2	Casca	Tensão média (V)	0,27	0,81	1,67	1,28	1,34	3,09	2,59
		Refletância (%)	16,88	18,05	39,40	62,14	65,05	63,25	64,03
	Polpa	Tensão média (V)	0,37	0,88	0,88	0,87	1,13	3,19	2,83
		Refletância (%)	22,92	19,76	20,88	42,07	54,69	65,37	70,13
G1/3	Casca	Tensão média (V)	0,26	0,79	1,71	1,25	1,31	3,00	2,47
		Refletância (%)	16,46	17,60	40,43	60,68	63,59	61,54	61,22
	Polpa	Tensão média (V)	0,40	0,94	0,95	0,91	1,14	3,01	2,68
		Refletância (%)	25,00	21,10	22,54	44,17	55,34	61,75	66,25
G1/4	Casca	Tensão média (V)	0,24	0,67	1,25	1,08	1,20	2,92	2,48
		Refletância (%)	15,00	14,99	29,47	52,27	58,09	59,90	61,30
	Polpa	Tensão média (V)	0,37	0,79	0,79	0,82	1,05	2,85	2,58
		Refletância (%)	23,13	17,75	18,75	39,81	50,81	58,47	63,94
G1/5	Polpa	Tensão média (V)	0,33	0,68	0,66	0,67	0,89	2,57	2,33
		Refletância (%)	20,63	15,21	15,68	32,36	43,37	52,73	57,76
G2/1	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,39	0,74	0,44	0,42	0,72	0,54
		Refletância (%)	11,04	8,72	17,57	21,20	20,23	14,82	13,28
	Polpa	Tensão média (V)	0,55	1,74	1,96	1,42	1,46	3,37	2,78
		Refletância (%)	34,38	38,85	46,34	68,77	70,71	69,06	68,73
G2/2	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,40	0,76	0,43	0,40	0,73	0,55
		Refletância (%)	12,08	9,02	17,89	21,04	19,26	15,03	13,70
	Polpa	Tensão média (V)	0,56	1,82	2,06	1,50	1,55	3,55	2,86
		Refletância (%)	35,00	40,64	48,78	72,98	75,24	72,75	70,71
G2/3	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,34	0,67	0,39	0,38	0,64	0,46
		Refletância (%)	10,63	7,53	15,76	18,93	18,61	13,05	11,47
	Polpa	Tensão média (V)	0,48	1,56	1,76	1,31	1,41	3,34	2,67
		Refletância (%)	30,00	34,82	41,61	63,43	68,45	68,51	66,09
G2/4	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,41	0,80	0,46	0,41	0,78	0,60
		Refletância (%)	11,67	9,25	18,83	22,17	19,74	15,92	14,85
	Polpa	Tensão média (V)	0,49	1,54	1,77	1,29	1,37	3,20	2,58
		Refletância (%)	30,42	34,53	41,77	62,62	66,50	65,57	63,86
G2/5	Polpa	Tensão média (V)	0,33	0,94	0,97	0,83	0,95	2,35	1,97
		Refletância (%)	20,63	21,10	23,01	40,13	46,28	48,09	48,68

Tabela B.3 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de goiaba, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
G3/1	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,37	0,67	0,40	0,38	0,63	0,51
		Refletância (%)	11,25	8,28	15,92	19,26	18,28	12,98	12,54
	Polpa	Tensão média (V)	0,55	1,84	2,41	1,49	1,51	3,23	2,67
		Refletância (%)	34,38	41,16	57,05	72,49	73,14	66,26	66,01
G3/2	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,38	0,72	0,39	0,38	0,67	0,50
		Refletância (%)	11,25	8,50	17,02	19,09	18,45	13,66	12,46
	Polpa	Tensão média (V)	0,51	1,81	2,36	1,46	1,45	3,19	2,55
		Refletância (%)	32,08	40,57	55,71	70,87	70,23	65,37	63,12
G3/3	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,46	0,96	0,52	0,48	0,86	0,65
		Refletância (%)	12,50	10,37	22,62	25,40	23,46	17,62	16,01
	Polpa	Tensão média (V)	0,54	1,94	2,41	1,51	1,49	3,27	2,66
		Refletância (%)	33,54	43,48	56,97	73,30	72,33	67,08	65,84
G3/4	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,39	0,78	0,42	0,42	0,80	0,57
		Refletância (%)	11,67	8,65	18,36	20,55	20,39	16,39	14,19
	Polpa	Tensão média (V)	0,54	1,88	2,35	1,45	1,43	3,22	2,60
		Refletância (%)	33,75	42,06	55,48	70,39	69,42	65,92	64,27
G3/5	Polpa	Tensão média (V)	0,33	1,00	1,18	0,92	1,01	2,36	1,96
		Refletância (%)	20,42	22,37	27,90	44,50	48,87	48,29	48,43
G4/1	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,38	0,73	0,39	0,38	0,67	0,51
		Refletância (%)	11,04	8,43	17,26	18,77	18,61	13,80	12,54
	Polpa	Tensão média (V)	0,61	2,10	2,65	1,60	1,56	3,46	2,81
		Refletância (%)	38,13	47,05	62,73	77,83	75,73	70,90	69,47
G4/2	Casca	Tensão média (V)	0,16	0,32	0,49	0,31	0,31	0,49	0,38
		Refletância (%)	10,21	7,23	11,51	15,21	15,21	10,04	9,32
	Polpa	Tensão média (V)	0,56	1,87	2,34	1,47	1,49	3,38	2,71
		Refletância (%)	35,21	41,91	55,40	71,36	72,49	69,26	67,00
G4/3	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,32	0,60	0,35	0,34	0,61	0,47
		Refletância (%)	11,46	7,16	14,26	17,15	16,34	12,43	11,72
	Polpa	Tensão média (V)	0,53	1,86	2,45	1,47	1,46	3,30	2,66
		Refletância (%)	33,33	41,54	57,84	71,52	70,87	67,62	65,76
G4/4	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,50	0,88	0,48	0,46	0,87	0,64
		Refletância (%)	13,75	11,11	20,72	23,30	22,33	17,76	15,92
	Polpa	Tensão média (V)	0,55	1,94	2,46	1,53	1,53	3,48	2,86
		Refletância (%)	34,38	43,48	58,23	74,11	74,11	71,31	70,79
G4/5	Polpa	Tensão média (V)	0,30	0,85	0,97	0,83	0,93	2,33	1,97
		Refletância (%)	18,75	19,02	22,93	40,13	45,15	47,81	48,68

Tabela B.3 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de goiaba, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
G5/1	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,39	0,72	0,42	0,41	0,69	0,52
		Refletância (%)	12,08	8,72	17,02	20,55	19,74	14,07	12,79
	Polpa	Tensão média (V)	0,59	2,00	2,46	1,58	1,57	3,54	2,83
		Refletância (%)	36,88	44,67	58,16	76,70	76,38	72,47	70,13
G5/2	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,47	0,82	0,52	0,51	0,99	0,75
		Refletância (%)	13,54	10,44	19,31	25,40	24,76	20,29	18,65
	Polpa	Tensão média (V)	0,53	1,96	2,53	1,58	1,53	3,41	2,76
		Refletância (%)	33,33	43,92	59,89	76,70	74,43	69,95	68,40
G5/3	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,43	0,77	0,47	0,43	0,75	0,59
		Refletância (%)	12,71	9,55	18,27	22,82	21,04	15,30	14,52
	Polpa	Tensão média (V)	0,50	1,80	2,26	1,45	1,43	3,22	2,61
		Refletância (%)	31,04	40,27	53,35	70,23	69,58	65,98	64,69
G5/4	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,48	0,93	0,56	0,53	0,96	0,75
		Refletância (%)	12,50	10,66	21,99	27,35	25,57	19,60	18,48
	Polpa	Tensão média (V)	0,45	1,47	1,67	1,21	1,27	2,99	2,48
		Refletância (%)	27,92	32,89	39,48	58,90	61,49	61,27	61,47
G5/5	Polpa	Tensão média (V)	0,35	1,31	1,71	1,10	1,11	2,54	2,05
		Refletância (%)	21,88	29,23	40,50	53,24	53,88	52,12	50,83
G6/1	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,44	0,95	0,56	0,53	0,98	0,75
		Refletância (%)	12,50	9,92	22,46	27,35	25,73	20,01	18,48
	Polpa	Tensão média (V)	0,59	1,85	2,04	1,50	1,59	3,71	3,02
		Refletância (%)	37,08	41,39	48,15	72,98	77,02	76,02	74,75
G6/2	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,47	1,02	0,58	0,53	0,97	0,77
		Refletância (%)	12,29	10,44	24,11	28,16	25,73	19,81	19,06
	Polpa	Tensão média (V)	0,56	1,78	2,04	1,44	1,50	3,44	2,80
		Refletância (%)	35,00	39,90	48,23	69,90	72,82	70,49	69,39
G6/3	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,52	1,10	0,62	0,58	1,10	0,83
		Refletância (%)	12,50	11,63	26,00	29,94	28,16	22,54	20,54
	Polpa	Tensão média (V)	0,54	1,75	1,96	1,40	1,47	3,41	2,81
		Refletância (%)	33,54	39,08	46,34	67,96	71,36	69,81	69,55
G6/4	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,51	1,07	0,61	0,56	1,05	0,82
		Refletância (%)	12,50	11,33	25,30	29,61	27,35	21,58	20,38
	Polpa	Tensão média (V)	0,56	1,85	2,10	1,46	1,49	3,39	2,79
		Refletância (%)	34,79	41,46	49,65	70,87	72,33	69,54	69,14
G6/5	Polpa	Tensão média (V)	0,35	1,16	1,41	0,98	1,00	2,20	1,79
		Refletância (%)	21,88	25,95	33,41	47,73	48,54	45,08	44,22

Tabela B.3 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de goiaba, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
G7/1	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,49	1,03	0,65	0,59	1,11	0,87
		Refletância (%)	13,54	10,96	24,43	31,39	28,64	22,81	21,62
	Polpa	Tensão média (V)	0,57	1,73	1,90	1,42	1,55	3,65	0,98
		Refletância (%)	35,83	38,63	45,00	68,77	75,24	74,73	24,17
G7/2	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,51	1,16	0,76	0,72	1,38	1,10
		Refletância (%)	13,54	11,41	27,50	36,89	35,11	28,35	27,23
	Polpa	Tensão média (V)	0,38	1,08	1,11	0,84	0,87	1,92	1,66
		Refletância (%)	23,75	24,16	26,32	40,94	42,23	39,28	41,09
G7/3	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,46	0,99	0,59	0,53	0,99	0,78
		Refletância (%)	12,71	10,22	23,48	28,64	25,89	20,22	19,39
	Polpa	Tensão média (V)	0,52	1,70	1,90	1,37	1,48	3,58	2,88
		Refletância (%)	32,29	38,03	45,00	66,34	71,84	73,29	71,37
G7/4	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,51	1,03	0,59	0,56	1,06	0,80
		Refletância (%)	12,71	11,33	24,27	28,80	27,35	21,65	19,88
	Polpa	Tensão média (V)	0,51	1,68	1,86	1,37	1,46	3,49	2,87
		Refletância (%)	32,08	37,51	43,97	66,34	70,87	71,58	71,12
G7/5	Polpa	Tensão média (V)	0,35	1,15	1,29	1,01	1,11	2,61	2,17
		Refletância (%)	21,88	25,73	30,58	48,87	54,05	53,55	53,63
G8/1	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,65	1,60	1,19	1,22	2,72	2,18
		Refletância (%)	13,75	14,62	37,75	57,93	59,06	55,74	54,04
	Polpa	Tensão média (V)	0,40	1,10	1,10	0,97	1,20	3,31	2,88
		Refletância (%)	25,21	24,61	25,93	47,09	58,41	67,90	71,37
G8/2	Casca	Tensão média (V)	0,26	0,81	1,63	1,21	1,25	2,86	2,34
		Refletância (%)	16,25	18,12	38,53	58,74	60,68	58,61	57,92
	Polpa	Tensão média (V)	0,36	0,89	0,86	0,82	1,02	2,86	2,51
		Refletância (%)	22,29	19,91	20,41	39,97	49,68	58,54	62,21
G8/3	Casca	Tensão média (V)	0,21	0,53	1,34	1,02	1,03	2,22	1,78
		Refletância (%)	13,13	11,86	31,68	49,51	49,84	45,56	44,06
	Polpa	Tensão média (V)	0,42	1,13	1,17	1,05	1,29	3,48	2,99
		Refletância (%)	26,04	25,35	27,66	51,13	62,62	71,38	74,01
G8/4	Casca	Tensão média (V)	0,21	0,56	1,48	1,17	1,18	2,55	2,09
		Refletância (%)	13,13	12,60	35,07	56,80	57,28	52,25	51,73
	Polpa	Tensão média (V)	0,42	1,12	1,15	1,03	1,27	3,40	2,96
		Refletância (%)	26,25	25,13	27,27	50,00	61,49	69,60	73,35
G8/5	Polpa	Tensão média (V)	0,31	0,80	0,78	0,74	0,95	2,68	2,40
		Refletância (%)	19,17	17,90	18,44	36,08	46,28	54,99	59,32

Tabela B.3 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de goiaba, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
G9/1	Casca	Tensão média (V)	0,23	0,67	1,61	1,17	1,17	2,53	1,99
		Refletância (%)	14,38	14,91	37,98	56,80	56,80	51,84	49,34
	Polpa	Tensão média (V)	0,47	1,36	1,47	1,19	1,35	3,35	2,82
		Refletância (%)	29,17	30,43	34,83	57,77	65,70	68,65	69,72
G9/2	Casca	Tensão média (V)	0,26	0,81	1,83	1,28	1,29	2,81	2,26
		Refletância (%)	16,25	18,12	43,26	62,30	62,46	57,58	55,86
	Polpa	Tensão média (V)	0,48	1,25	1,25	1,10	1,32	3,50	3,01
		Refletância (%)	29,79	28,04	29,47	53,24	64,08	71,65	74,59
G9/3	Casca	Tensão média (V)	0,25	0,71	1,72	1,21	1,23	2,65	2,13
		Refletância (%)	15,63	15,81	40,74	58,90	59,55	54,23	52,72
	Polpa	Tensão média (V)	0,43	1,11	1,11	1,00	1,21	3,26	2,84
		Refletância (%)	26,67	24,91	26,16	48,54	58,90	66,87	70,30
G9/4	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,59	1,46	1,07	1,07	2,31	2,84
		Refletância (%)	13,96	13,20	34,59	52,10	52,10	47,34	70,38
	Polpa	Tensão média (V)	0,51	1,41	1,43	1,17	1,35	3,48	2,96
		Refletância (%)	31,67	31,47	33,81	56,63	65,53	71,38	73,35
G9/5	Polpa	Tensão média (V)	0,36	0,88	0,81	0,75	0,98	2,77	2,45
		Refletância (%)	22,50	19,69	19,07	36,41	47,41	56,83	60,56
G10/1	Casca	Tensão média (V)	0,30	0,91	1,77	1,25	1,32	3,04	2,44
		Refletância (%)	18,75	20,36	41,84	60,68	63,92	62,23	60,31
	Polpa	Tensão média (V)	0,46	1,20	1,22	1,06	1,30	3,49	3,03
		Refletância (%)	28,75	26,85	28,76	51,29	62,94	71,52	74,92
G10/2	Casca	Tensão média (V)	0,28	0,75	1,52	1,13	1,18	2,71	2,24
		Refletância (%)	17,71	16,78	36,01	55,02	57,28	55,46	55,53
	Polpa	Tensão média (V)	0,45	1,20	1,21	1,04	1,27	3,41	2,98
		Refletância (%)	27,92	26,77	28,53	50,49	61,49	69,95	73,68
G10/3	Casca	Tensão média (V)	0,25	0,64	1,44	1,09	1,08	2,39	2,00
		Refletância (%)	15,63	14,24	34,04	52,75	52,27	48,98	49,42
	Polpa	Tensão média (V)	0,45	1,22	1,23	1,07	1,30	3,44	3,01
		Refletância (%)	28,13	27,22	29,08	52,10	63,11	70,56	74,59
G10/4	Casca	Tensão média (V)	0,26	0,64	1,41	1,06	1,06	2,31	1,95
		Refletância (%)	16,25	14,32	33,25	51,62	51,46	47,40	48,35
	Polpa	Tensão média (V)	0,50	1,36	1,34	1,12	1,34	3,49	3,06
		Refletância (%)	31,04	30,50	31,76	54,53	65,21	71,52	75,83
G10/5	Polpa	Tensão média (V)	0,31	0,80	0,78	0,74	0,95	2,68	2,40
		Refletância (%)	19,17	17,90	18,44	36,08	46,28	54,99	59,32

Tabela B.4 – Valores médios de L*a*b*. IC, pH e SST obtidos para a goiaba

Amostra		L*	a*	b*	IC	SST	pH
G1/1	Casca	65,38	16,06	31,28	13,97	9,49	3,77
	Polpa	68,84	40,26	21,89	25,52		
G1/2	Casca	75,45	22,78	41,08	12,86	9,56	3,75
	Polpa	65,46	45,33	23,64	27,09		
G1/3	Casca	75,34	19,85	41,54	11,45	10,07	3,75
	Polpa	66,15	41,54	22,19	26,67		
G1/4	Casca	69,83	30,95	38,94	17,82	11,64	3,78
	Polpa	63,08	44,49	23,54	28,03		
G1/5	Polpa	58,95	44,16	22,10	30,34	10,36	3,77
G2/1	Casca	49,26	-2,43	21,26	-4,62	11,92	4,02
	Polpa	79,59	21,29	18,21	19,09		
G2/2	Casca	49,38	-3,40	20,48	-6,64	11,77	4,05
	Polpa	81,30	21,63	18,93	18,51		
G2/3	Casca	46,90	-2,59	21,31	-5,14	11,48	4,02
	Polpa	77,19	24,44	19,33	20,32		
G2/4	Casca	50,49	-3,55	21,54	-6,45	11,76	4,06
	Polpa	76,81	22,49	18,99	19,89		
G2/5	Polpa	63,37	30,34	17,47	27,35	11,14	4,01
G3/1	Casca	47,15	-2,34	19,36	-5,08	11,95	3,92
	Polpa	83,13	9,75	20,72	10,24		
G3/2	Casca	47,98	-4,60	19,84	-9,42	9,76	3,85
	Polpa	82,30	9,42	20,11	10,31		
G3/3	Casca	54,13	-6,31	23,89	-9,43	9,63	3,90
	Polpa	83,22	10,23	18,49	11,63		
G3/4	Casca	49,87	-3,11	22,28	-5,55	10,48	3,84
	Polpa	82,22	9,90	18,38	11,53		
G3/5	Polpa	66,38	24,20	19,85	23,30	9,93	3,90
G4/1	Casca	48,10	-5,18	20,21	-10,31	9,46	3,84
	Polpa	85,77	7,92	18,68	9,10		
G4/2	Casca	41,54	1,34	14,34	4,47	8,99	3,81
	Polpa	82,69	12,19	19,31	12,91		
G4/3	Casca	44,97	-1,51	19,57	-3,43	10,36	3,78
	Polpa	83,21	8,61	20,41	9,34		
G4/4	Casca	52,50	-3,75	19,58	-7,16	10,19	3,84
	Polpa	84,08	11,41	19,83	11,86		
G4/5	Polpa	63,17	29,85	20,84	25,96	11,03	3,85
G5/1	Casca	48,56	-2,47	20,14	-5,02	7,37	3,92
	Polpa	84,48	12,75	19,27	13,07		
G5/2	Casca	52,73	3,98	22,01	6,75	8,87	4,00
	Polpa	84,70	9,56	20,31	10,06		
G5/3	Casca	50,34	-1,68	20,55	-3,24	9,35	3,89
	Polpa	81,57	12,11	19,43	12,97		
G5/4	Casca	54,70	-0,85	24,26	-1,28	9,45	3,84
	Polpa	74,96	21,73	18,15	20,48		
G5/5	Polpa	73,21	12,15	19,89	14,24	9,01	3,89
G6/1	Casca	55,00	-1,65	26,57	-2,25	10,42	3,64
	Polpa	81,49	24,21	18,47	19,51		
G6/2	Casca	56,10	-4,37	26,75	-5,75	10,41	3,66
	Polpa	80,52	20,35	18,44	18,41		
G6/3	Casca	58,01	-3,79	26,70	-4,85	10,39	3,65
	Polpa	79,60	21,62	18,00	19,31		
G6/4	Casca	57,41	-3,60	26,53	-4,68	10,33	3,67
	Polpa	80,99	18,70	17,44	18,06		
G6/5	Polpa	68,76	15,03	17,68	18,84	10,31	3,65
G7/1	Casca	57,56	0,41	27,83	0,51	10,46	3,74
	Polpa	78,45	17,65	16,60	18,57		
G7/2	Casca	61,34	4,04	32,58	4,01	10,43	3,68
	Polpa	63,77	19,51	12,67	26,31		
G7/3	Casca	55,91	-2,51	27,12	-3,30	10,20	3,62
	Polpa	79,25	24,08	18,73	19,92		
G7/4	Casca	56,69	-2,14	25,52	-2,94	9,94	3,62
	Polpa	78,77	24,55	18,61	20,23		
G7/5	Polpa	69,07	25,52	18,91	23,26	10,03	3,57

Tabela B.4 – (Cont.) Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para a goiaba

Amostra		L*	a*	b*	IC	SST	pH
G8/1	Casca	73,18	18,28	43,99	10,49		
	Polpa	68,85	40,36	20,74	25,84	10,57	3,55
G8/2	Casca	74,02	19,78	38,65	12,31		
	Polpa	63,75	41,38	20,52	28,11	10,00	3,62
G8/3	Casca	68,13	16,78	42,36	10,81		
	Polpa	70,68	40,71	22,50	24,76	10,44	3,54
G8/4	Casca	71,63	19,43	46,03	10,86		
	Polpa	70,16	40,29	22,00	25,02	10,35	3,48
G8/5	Polpa	61,50	41,59	20,75	29,10	9,94	3,55
G9/1	Casca	72,60	15,04	42,33	9,22		
	Polpa	74,11	31,64	20,34	22,70	9,80	3,74
G9/2	Casca	76,04	14,30	41,38	8,59		
	Polpa	71,81	39,18	20,25	24,74	9,84	3,71
G9/3	Casca	74,27	14,14	42,96	8,42		
	Polpa	69,08	39,89	20,60	25,73	9,73	3,74
G9/4	Casca	70,83	20,06	43,44	11,84		
	Polpa	73,90	34,20	18,67	23,75	9,60	3,73
G9/5	Polpa	62,18	41,79	18,43	29,43	9,50	3,70
G10/1	Casca	75,90	18,47	37,49	11,65		
	Polpa	71,20	39,58	21,00	24,81	9,49	3,76
G10/2	Casca	72,15	19,99	38,22	12,85		
	Polpa	70,77	38,87	20,42	25,02	9,06	3,75
G10/3	Casca	70,13	17,37	40,10	11,34		
	Polpa	71,37	39,01	20,74	24,74	8,81	3,76
G10/4	Casca	69,48	17,28	38,95	11,67		
	Polpa	72,96	36,88	18,57	24,48	8,81	3,79
G10/5	Polpa	61,50	41,59	20,75	29,10	9,40	3,74

Tabela B.5 – Valores de tensão e refletância para os exemplares de manga, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
Magnésio			1,60	4,47	4,23	2,06	2,06	4,88	4,04
MG1/1	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,35	0,67	0,40	0,36	0,63	0,49
		Refletância (%)	10,63	7,90	15,84	19,26	17,48	12,91	12,13
	Polpa	Tensão média (V)	0,28	0,53	1,50	1,20	1,13	2,30	1,88
		Refletância (%)	17,50	11,93	35,54	58,41	54,69	47,20	46,62
MG1/2	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,39	0,73	0,41	0,39	0,67	0,51
		Refletância (%)	11,46	8,72	17,26	19,90	18,77	13,66	12,71
	Polpa	Tensão média (V)	0,25	0,43	1,33	1,09	1,03	2,09	1,68
		Refletância (%)	15,63	9,55	31,36	53,07	50,16	42,83	41,58
MG1/3	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,33	0,59	0,37	0,34	0,59	0,46
		Refletância (%)	10,83	7,46	13,95	17,96	16,67	12,09	11,47
	Polpa	Tensão média (V)	0,26	0,45	1,28	1,07	1,02	2,10	1,67
		Refletância (%)	16,25	10,14	30,18	51,78	49,51	43,10	41,25
MG1/4	Polpa	Tensão média (V)	0,23	0,42	1,25	1,14	1,06	2,18	1,75
		Refletância (%)	14,38	9,32	29,55	55,34	51,29	44,60	43,32
MG2/1	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,49	1,04	0,64	0,59	1,17	0,91
		Refletância (%)	10,63	10,96	24,67	31,07	28,64	23,91	22,61
	Polpa	Tensão média (V)	0,33	0,64	1,54	1,31	1,24	2,67	2,20
		Refletância (%)	20,83	14,24	36,49	63,59	60,03	54,64	54,37
MG2/2	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,45	0,96	0,58	0,55	1,06	0,80
		Refletância (%)	11,25	10,14	22,62	27,99	26,54	21,72	19,80
	Polpa	Tensão média (V)	0,37	0,70	1,76	1,50	1,43	3,06	2,53
		Refletância (%)	22,92	15,59	41,61	72,65	69,26	62,70	62,62
MG2/3	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,43	0,94	0,56	0,53	0,95	0,74
		Refletância (%)	11,46	9,62	22,22	27,35	25,57	19,54	18,40
	Polpa	Tensão média (V)	0,34	0,62	1,70	1,40	1,32	2,83	2,32
		Refletância (%)	21,04	13,94	40,11	67,96	63,92	58,06	57,43
MG2/4	Polpa	Tensão média (V)	0,26	0,41	1,35	1,28	1,24	2,65	2,14
		Refletância (%)	16,25	9,25	31,84	61,97	60,19	54,30	52,97
MG3/1	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,41	0,88	0,55	0,52	0,94	0,72
		Refletância (%)	11,46	9,10	20,88	26,86	25,08	19,26	17,82
	Polpa	Tensão média (V)	0,29	0,53	1,61	1,43	1,38	2,95	2,39
		Refletância (%)	18,33	11,86	38,06	69,26	66,83	60,52	59,16
MG3/2	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,43	0,88	0,51	0,47	0,84	0,66
		Refletância (%)	12,50	9,55	20,80	24,60	22,82	17,28	16,34
	Polpa	Tensão média (V)	0,24	0,41	1,17	1,06	1,01	2,13	1,77
		Refletância (%)	14,79	9,17	27,58	51,29	48,87	43,58	43,89
MG3/3	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,37	0,77	0,44	0,41	0,73	0,57
		Refletância (%)	11,88	8,28	18,20	21,36	19,90	15,03	14,11
	Polpa	Tensão média (V)	0,26	0,44	1,44	1,34	1,29	2,76	2,26
		Refletância (%)	16,46	9,77	34,12	64,89	62,62	56,56	56,02
MG3/4	Polpa	Tensão média (V)	0,27	0,41	1,30	1,34	1,29	2,80	2,30
		Refletância (%)	16,88	9,17	30,73	64,89	62,62	57,38	56,85

Tabela B.5 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de manga, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
MG4/1	Casca	Tensão média (V)	0,23	0,64	1,38	1,17	1,15	2,46	1,99
		Refletância (%)	14,38	14,24	32,62	56,80	55,83	50,41	49,26
	Polpa	Tensão média (V)	0,35	0,65	1,79	1,54	1,51	3,29	2,67
		Refletância (%)	21,67	14,62	42,40	74,92	73,14	67,35	66,09
MG4/2	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,43	0,98	0,68	0,64	1,24	0,95
		Refletância (%)	11,88	9,62	23,17	33,17	31,07	25,41	23,51
	Polpa	Tensão média (V)	0,37	0,74	1,83	1,49	1,47	3,16	2,59
		Refletância (%)	23,13	16,63	43,34	72,17	71,36	64,82	64,19
MG4/3	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,44	1,10	0,85	0,82	1,62	1,20
		Refletância (%)	11,67	9,84	26,00	41,26	39,81	33,13	29,70
	Polpa	Tensão média (V)	0,31	0,58	1,56	1,35	1,33	2,84	2,31
		Refletância (%)	19,58	12,98	36,96	65,53	64,40	58,20	57,10
MG4/4	Polpa	Tensão média (V)	0,25	0,38	1,25	1,19	1,14	2,39	1,94
		Refletância (%)	15,63	8,58	29,55	57,77	55,50	49,04	48,10
MG5/1	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,42	0,80	0,46	0,44	0,80	0,62
		Refletância (%)	11,88	9,40	18,99	22,49	21,20	16,33	15,35
	Polpa	Tensão média (V)	0,29	0,51	1,55	1,43	1,39	3,02	2,43
		Refletância (%)	18,33	11,41	36,56	69,26	67,31	61,89	60,23
MG5/2	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,44	0,92	0,54	0,52	0,95	0,75
		Refletância (%)	11,88	9,84	21,75	26,21	25,24	19,47	18,56
	Polpa	Tensão média (V)	0,27	0,46	1,47	1,37	1,35	2,96	2,43
		Refletância (%)	16,67	10,22	34,75	66,67	65,70	60,72	60,15
MG5/3	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,40	0,86	0,50	0,47	0,83	0,64
		Refletância (%)	11,88	8,95	20,33	24,27	22,82	17,01	15,84
	Polpa	Tensão média (V)	0,24	0,42	1,23	1,12	1,08	2,27	1,86
		Refletância (%)	15,21	9,40	29,08	54,21	52,43	46,58	45,96
MG5/4	Polpa	Tensão média (V)	0,25	0,40	1,25	1,29	1,25	2,66	2,17
		Refletância (%)	15,63	8,95	29,47	62,62	60,68	54,44	53,63
MG6/1	Casca	Tensão média (V)	0,21	0,58	1,23	0,74	0,67	1,26	0,96
		Refletância (%)	13,33	12,90	29,00	35,92	32,52	25,75	23,68
	Polpa	Tensão média (V)	0,65	1,50	2,81	1,80	1,73	3,71	2,93
		Refletância (%)	40,83	33,63	66,35	87,54	83,82	75,96	72,44
MG6/2	Casca	Tensão média (V)	0,21	0,47	0,94	0,57	0,54	0,98	0,77
		Refletância (%)	13,33	10,51	22,14	27,83	26,21	20,08	18,98
	Polpa	Tensão média (V)	0,49	1,17	2,48	1,57	1,49	3,15	2,51
		Refletância (%)	30,63	26,25	58,71	76,21	72,49	64,48	62,13
MG6/3	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,61	1,35	0,80	0,75	1,45	1,11
		Refletância (%)	13,75	13,65	31,91	38,83	36,41	29,71	27,48
	Polpa	Tensão média (V)	0,58	1,43	2,67	1,72	1,64	3,50	2,79
		Refletância (%)	36,46	32,07	63,12	83,50	79,61	71,65	68,98
MG6/4	Polpa	Tensão média (V)	0,37	0,77	1,90	1,31	1,22	2,54	2,04
		Refletância (%)	23,13	17,23	44,84	63,75	59,06	52,12	50,50

Tabela B.5 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de manga, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
MG7/1	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,50	0,98	0,55	0,51	0,96	0,74
		Refletância (%)	12,08	11,19	23,25	26,54	24,92	19,67	18,32
	Polpa	Tensão média (V)	0,57	1,32	2,69	1,94	1,89	4,22	3,37
		Refletância (%)	35,83	29,46	63,51	94,17	91,75	86,48	83,42
MG7/2	Casca	Tensão média (V)	0,19	0,45	0,85	0,47	0,44	0,82	0,62
		Refletância (%)	11,67	10,14	20,09	22,82	21,36	16,80	15,35
	Polpa	Tensão média (V)	0,56	1,29	2,63	1,88	1,82	4,06	3,25
		Refletância (%)	35,21	28,78	62,10	91,26	88,19	83,13	80,45
MG7/3	Casca	Tensão média (V)	0,21	0,58	1,16	0,66	0,61	1,17	0,90
		Refletância (%)	12,92	12,98	27,34	31,88	29,45	23,98	22,28
	Polpa	Tensão média (V)	0,40	0,86	2,28	1,82	1,78	3,99	3,18
		Refletância (%)	25,21	19,31	53,98	88,35	86,41	81,76	78,71
MG7/4	Polpa	Tensão média (V)	0,34	0,64	1,90	1,59	1,52	3,33	2,66
		Refletância (%)	21,46	14,39	44,84	77,18	73,79	68,17	65,92
MG8/1	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,41	0,95	0,56	0,53	0,98	0,74
		Refletância (%)	10,63	9,17	22,46	27,35	25,73	20,08	18,32
	Polpa	Tensão média (V)	0,47	1,06	2,42	1,66	1,59	3,45	2,77
		Refletância (%)	29,38	23,64	57,21	80,74	77,02	70,77	68,65
MG8/2	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,42	0,96	0,59	0,54	1,01	0,79
		Refletância (%)	10,63	9,40	22,70	28,64	26,21	20,70	19,55
	Polpa	Tensão média (V)	0,49	1,09	2,52	1,76	1,68	3,64	2,90
		Refletância (%)	30,42	24,46	59,50	85,28	81,55	74,59	71,78
MG8/3	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,44	0,99	0,58	0,53	1,03	0,77
		Refletância (%)	11,25	9,84	23,40	27,99	25,73	21,11	19,14
	Polpa	Tensão média (V)	0,44	0,99	2,38	1,64	1,56	3,38	2,72
		Refletância (%)	27,50	22,15	56,26	79,61	75,89	69,33	67,24
MG8/4	Polpa	Tensão média (V)	0,33	0,67	1,85	1,39	1,32	2,77	2,19
		Refletância (%)	20,83	14,99	43,81	67,64	64,24	56,83	54,29
MG9/1	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,51	1,37	1,06	1,02	2,15	1,65
		Refletância (%)	12,50	11,41	32,47	51,46	49,51	44,13	40,84
	Polpa	Tensão média (V)	0,47	1,06	2,34	1,72	1,65	3,63	2,90
		Refletância (%)	29,38	23,66	55,26	83,37	79,85	74,39	71,72
MG9/2	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,64	1,41	1,08	1,04	2,17	1,71
		Refletância (%)	12,50	14,32	33,33	52,43	50,49	44,47	42,33
	Polpa	Tensão média (V)	0,52	1,16	2,58	1,94	1,87	4,15	3,33
		Refletância (%)	32,50	25,88	60,99	94,01	90,61	84,97	82,51
MG9/3	Casca	Tensão média (V)	0,17	0,41	0,92	0,70	0,66	1,39	1,08
		Refletância (%)	10,63	9,17	21,67	33,98	32,04	28,48	26,73
	Polpa	Tensão média (V)	0,45	0,97	2,38	1,80	1,71	3,70	3,00
		Refletância (%)	28,13	21,77	56,26	87,54	83,01	75,75	74,34
MG9/4	Polpa	Tensão média (V)	0,42	0,84	2,24	1,67	1,61	3,49	2,81
		Refletância (%)	26,04	18,79	52,88	80,91	77,99	71,52	69,47

Tabela B.5 – (Cont.) Valores de tensão e refletância para os exemplares de manga, em relação ao padrão de magnésio prensado e cor aplicada

Amostra			Violeta	Azul	Verde	Amarelo	Laranja	Âmbar	Vermelho
MG10/1	Casca	Tensão média (V)	0,22	0,69	1,61	1,26	1,25	2,67	2,10
		Refletância (%)	13,75	15,44	37,98	61,00	60,84	54,64	51,98
	Polpa	Tensão média (V)	0,53	1,18	2,40	1,80	1,72	3,83	3,13
		Refletância (%)	33,13	26,32	56,66	87,22	83,66	78,48	77,56
MG10/2	Casca	Tensão média (V)	0,20	0,61	1,55	1,12	1,07	2,21	1,71
		Refletância (%)	12,50	13,65	36,64	54,37	52,10	45,29	42,33
	Polpa	Tensão média (V)	0,46	1,01	2,29	1,72	1,64	3,56	2,90
		Refletância (%)	28,96	22,52	54,14	83,50	79,61	72,95	71,78
MG10/3	Casca	Tensão média (V)	0,18	0,51	0,88	0,68	0,69	1,49	1,16
		Refletância (%)	11,25	11,41	20,80	33,01	33,50	30,53	28,71
	Polpa	Tensão média (V)	0,49	1,05	2,38	1,83	1,77	3,89	3,15
		Refletância (%)	30,42	23,56	56,34	89,00	85,92	79,78	77,89
MG10/4	Polpa	Tensão média (V)	0,34	0,63	1,95	1,57	1,51	3,31	2,64
		Refletância (%)	21,25	14,17	46,02	76,38	73,30	67,76	65,35

Tabela B.6 – Valores médios de L*a*b*, IC, pH e SST obtidos para a manga

Amostra		L*	a*	b*	IC	SST	pH
MG1/1	Casca	46,94	-2,95	20,20	-6,15		
	Polpa	71,35	15,82	46,73	8,99	12,61	3,61
MG1/2	Casca	48,40	-4,33	19,84	-8,81		
	Polpa	68,21	16,46	47,97	9,51	13,25	3,62
MG1/3	Casca	44,95	-0,25	18,70	-0,60		
	Polpa	67,52	17,82	45,54	10,79	12,43	3,63
MG1/4	Polpa	68,07	20,91	48,79	11,57	12,30	3,56
MG2/1	Casca	57,77	0,71	28,28	0,87		
	Polpa	73,45	21,07	45,13	11,52	10,93	3,72
MG2/2	Casca	55,53	0,18	26,93	0,24		
	Polpa	77,54	22,35	48,56	10,78	10,93	3,56
MG2/3	Casca	54,79	-1,62	27,11	-2,17		
	Polpa	75,75	19,75	49,02	9,87	10,52	3,76
MG2/4	Polpa	71,41	26,13	54,08	12,18	10,32	3,64
MG3/1	Casca	53,81	0,23	27,16	0,32		
	Polpa	75,54	23,97	53,55	10,82	13,41	3,57
MG3/2	Casca	52,80	-3,48	24,16	-5,40		
	Polpa	66,45	22,11	46,85	12,84	12,51	3,56
MG3/3	Casca	49,73	-3,61	23,16	-6,19		
	Polpa	73,01	25,42	54,99	11,49	12,68	3,55
MG3/4	Polpa	71,86	30,30	55,27	13,38	12,27	3,40
MG4/1	Casca	70,46	21,56	40,98	13,22		
	Polpa	78,60	24,35	52,14	10,77	14,23	3,91
MG4/2	Casca	57,73	6,18	31,91	6,59		
	Polpa	78,33	21,58	47,69	10,52	13,74	3,61
MG4/3	Casca	62,19	12,17	38,32	9,74		
	Polpa	74,39	23,23	49,32	11,45	14,16	4,09
MG4/4	Polpa	69,14	24,81	52,54	12,35	13,01	3,92
MG5/1	Casca	50,89	-2,46	21,78	-4,41		
	Polpa	75,17	26,48	54,20	11,68	11,14	3,88
MG5/2	Casca	54,27	-1,26	25,72	-1,81		
	Polpa	74,03	27,54	55,51	12,01	10,81	3,92
MG5/3	Casca	52,37	-3,13	25,21	-4,71		
	Polpa	68,02	22,86	48,59	12,52	11,15	3,85
MG5/4	Polpa	70,67	29,76	54,18	13,63	10,77	3,90
MG6/1	Casca	61,35	-1,92	28,92	-2,16		
	Polpa	88,13	8,51	36,63	5,13	9,26	3,45
MG6/2	Casca	55,02	-0,22	25,10	-0,32		
	Polpa	83,53	6,12	39,17	3,70	9,80	3,34
MG6/3	Casca	63,94	-1,08	31,18	-1,08		
	Polpa	86,41	8,23	35,98	5,16	9,32	3,33
MG6/4	Polpa	76,06	9,12	42,48	5,52	9,58	3,31