UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FALCUDADE DE QUÍMICA

CARLA RAFAELA FONSECA DA SILVA

ESTABILIDADE DO SUCO DE PITAYA VERMELHA (*HYLOCEREUS COSTARICENCIS*) EM DIFERENTES LUMINOSIDADES

BELÉM - PA
2017

CARLA RAFAELA FONSECA DA SILVA

ESTABILIDADE DO SUCO PITAYA VERMELHA (*HYLOCEREUS COSTARICENCIS*) EM DIFERENTES LUMINOSIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Pará, como requisito para à obtenção do Grau de bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Lênio José Guerreiro de Faria
Coorientadora: Mr. Daniela Lira Santana

BELÉM - PA
2017

CARLA RAFAELA FONSECA DA SILVA

ESTABILIDADE DO SUCO PITAYA VERMELHA (*HYLOCEREUS COSTARICENCIS*) EM DIFERENTES LUMINOSIDADES

TRABALHO DE CONCLUSAO DE CURSO APRESENTADO Á UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA Á OBTENCAO DO GRAU DE BACHAREL EM QUÍMICA INDUSTRIAL.

Data da apresentação: 27 de abril de 2017.

Conceito: _____

_____
Prof. Dr. Lênio José Guerreiro de Faria
(FEQ/ITEC/UFPA-Orientador)

_____
Mr. Daniela Lira de Santana
(FEQ/ITEC/UFPA- Coorientadora)

_____
Dr. Elisângela Lima Andrade
(FEQ/ITEC/UFPA – Membro)

_____
Mr. Willison Eduardo Oliveira Campos

(FAQUI/ICEN/UFPA - Membro)

BELÉM - PA
2017

DEDICATÓRIA

.

Dedico esse trabalho, com uma imersa gratidão a minha família, a meus amigos e a todos que me ajudaram a chegar até aqui. Que de alguma forma, mesmo que indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, a minha mãe e ao meu pai, pois confiaram em mim e me deram esta oportunidade de terminar essa caminhada de graduação. E sei que muitas outras viram e eles vão sempre confiar e acreditar em mim. Sei que eles não mediram esforços pra que este sonho se realizasse, sem a compreensão, ajuda e confiança deles nada disso seria possível hoje.

Agradeço a mim por ter me dedicado, estudado, ter tido paciência e coragem pra chegar até aqui, e por ter coragem pra continuar essa longa caminhada de vida acadêmica.

Agradeço todo o esforço e ajuda, a minha amiga Juliana de Santos Souza, e inclusive ter passado altos e baixos ao longo dessa caminhada comigo.

Agradeço a minha amiga Claudia pela imensa amizade e confiança. Quando sempre precisei estava presente, mesmo não estando fisicamente.

Agradeço com carinho ao Professor Dr. Lênio José Guerreiro de Faria por todos os conhecimentos que foram a mim repassados, pela confiança, respeito e por ter aceitado me orientar nessa etapa de conclusão de curso.

Agradeço a minha coorientadora Mr. Daniela Lira de Santana, pelos conhecimentos repassados, pela a imensa paciência que teve comigo, pela gratidão de sempre me ajudar.

Agradeço a todos os professores, em especial ao Prof.Dr.Carlos Emmerson Ferreira Costa, pelos conhecimentos que me foram dados, que ao longo dessa caminhada de graduação tive a oportunidade de ter.

Agradeço a todos os meus amigos que mesmo não estando presentes me ajudaram de alguma forma.

Agradeço a Universidade Federal do Pará pela oportunidade de ter um ensino superior e de graduar a essa universidade.

A todos, muito obrigada!

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Laboratório de Engenharia Química/UFPA como requisito necessário para a obtenção do grau de bacharel em Química Industrial.

ESTABILIDADE DO SUCO PITAYA VERMELHA (*HYLOCEREUS COSTARICENCIS*) EM DIFERENTES LUMINOSIDADES

Carla Rafaela Fonseca da Silva

Abril/2017

Orientador: Prof. Dr. Lênio José Guerreiro de Faria
Coorientadora: Mr. Daniela Lira Santana

RESUMO

A partir do avanço de novas tecnologias, o mercado de corantes naturais vem despertando grande interesse em indústrias, em especial a alimentícias. Com o objetivo de substituir os corantes artificiais utilizados, considerados prejudiciais à saúde. Os corantes naturais conferem ao produto uma aparência mais natural, em que o mercado consumidor busca por produtos em que possuam uma composição nutricional boa, presença de minerais, vitaminas e outras substâncias essenciais ao bom funcionamento do organismo humano. Nessas circunstancias, utilizou-se o fruto (*Hylocereus costaricensis*), conhecida como pitaya, para obtenção do suco(corante). Em seguida realiza-se a caracterização física e físico-química do fruto, o estudo da estabilidade do teor de concentração de betacianina e da cor do corante, em diferentes luminosidades, identificando os teores de betacianina por meio de espectrofotometria UV e da cor por colorimetria triestímulo, utilizando o sistema CIE L*a*b*. Avaliando o comportamento da cinética de degradação da betacianina por meio de modelos matemáticos.

Palavras-chave: *Hylocereus costaricensis*, corantes naturais, estabilidade.

ABSTRACT

From the advance of new technologies, the market for natural dyes has aroused great interest in industries, especially foods. In order to replace the artificial dyes used, considered harmful to health. Natural dyes give the product a more natural appearance, in which the consumer market searches for products in which they have a good nutritional composition, the presence of minerals, vitamins and other essential substances for the proper functioning of the human organism. In these circumstances, the fruit (Hylocereus costaricensis), known as pitaya, was used to obtain juice (dye). The physical and physico-chemical characterization of the fruit is then carried out, the stability of the betacyanin concentration content and the color of the dye in different luminosities, identifying betacyanin contents by means of UV spectrophotometry and the color by colorimetry Tristimulus, using the CIE system L * a * b *. Evaluating the behavior of betacyanine degradation kinetics using mathematical models.

Keywords: Hylocereus costaricensis, natural dyes, stability.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS 10
LISTA DE TABELAS 14
1 – INTRODUÇÃO 16
2 – REVISÂO DE LITERATURA 18
2.1 – PITAYA (*HYLOCEREUS COSTARICENSIS*) 18
2.1.1 – Origem e suas características agronômicas 18
2.1.2 – Aspectos físico – químicos da pitaya 22
2.1.3 – Aplicações 24
2.1.4 – Betalaínas 24
2.1.4.1 – Conversão da betaxantina em betacianina 27
2.2 – CORANTES 28
2.2.1 - Métodos de extração de corantes. 29
2.2.2 – Corantes naturais 31
2.2.2.1 – Classificação dos corantes naturais 31
2.2.2.2 – Vantagens e desvantagens dos corantes naturais 32
2.2.2.3 – Aplicações de corantes naturais 33
2.2.2.4 – Estabilidade dos corantes naturais 33
2.2.2.4.1 – pH 33
2.2.2.4.2 – Oxigênio e luz 34
2.2.2.4.3 – Temperatura 34
2.3 – COLORIMETRIA 35
2.5 – VIDA DE PRATELEIRA 37
3 – MATERIAS E MÉTODOS 39
3.1 – MATÉRIAL 39
3.1.1 – Fruto 39
3.2 – METODOLOGIA EXPERIMENTAL 39
3.2.1 – Extração de suco da pitaya 39
3.2.2 – Caracterização do fruto e do suco da pitaya 40
3.2.2.1 – Análise físico-química do fruto de pitaya 40
3.2.3 – Característica da Cor 41
3.2.4 - Teor de Betacianina e Betaxantina 41
3.2.5 – Estabilidade do suco de pitaya 42

3.2.5.1 - Cinética de degradação da estabilidade de betacianina 42
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES 44
4.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO FRUTO E DO SUCO DE PITAYA 44
4.2 – DETERMINAÇÕES DA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA BETACIANINA 47
4.3 – DEGRADAÇÃO DA COR DO CORANTE DE PITAYA. 68
CONCLUSÃO 78
REFERÊNCIAS 79
APÊNDICE A 866
APÊNDICE B 93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pitaya da espécie Hylocereus.....199
Figura 2 - Variedades dos tipos de pitaya.....199
Figura 3 - Pitaya vermelha (Hylocereus costaricensis).....211
Figura 4 - Plantas com o pigmento Betalaina.....25
Figura 5 - Betalaínas.....26
Figura 6 - Coordenadas cartesianas do espaço psicométrico CIEL*a*b*.....366
Figura 7 - Matéria prima.....399
Figura 8 - Valores da betacianina em análise com oxigênio + conservante, na presença de luz, lâmpada de 3,0W.....51
Figura 9 - Valores da betacianina em análise com oxigênio reduzido + conservante, na presença de luz, lâmpada de 3,0W.....51
Figura 10 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz, lâmpada de 3,0W.....51
Figura 11 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio + conservante, lâmpada de 6,5W.....52
Figura 12 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante, lâmpada de 6,5W.....52
Figura 13 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz, lâmpada de 6,5W.....52
Figura 14 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio+ conservante, lâmpada de 12W.....53
Figura 15 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante, lâmpada de 12W.....533
Figura 16 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz, lâmpada de 12W.....533
Figura 17 - Modelo de 2ª ordem de cinética de degradação, durante o tempo do experimento em dias, com o teor de concentração de betacianina, lâmpada 6,5W.....588
Figura 18 - Modelo de 2ª ordem de cinética de degradação, durante o tempo do experimento em dias, com o teor de concentração de betacianina, lâmpada 3,0W.....588
Figura 19 - Modelo de 2ª ordem de cinética de degradação, durante o tempo do experimento em dias, com o teor de concentração de betacianina, lâmpada 12W.588
Figura 20 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante.....59
Figura 21 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante.....59
Figura 22 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante.....59
Figura 23 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante.....60

Figura 24 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante.....60
Figura 25 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante. 60
Figura 26 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.....61
Figura 27- Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz. 61
Figura 28 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.....61
Figura 29 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante.....62
Figura 30 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante. 62
Figura 31 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante.....62
Figura 32 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante. .....**Erro! Indicador não definido.**63
Figura 33 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante.....63
Figura 34 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante. 63
Figura 35 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.....644
Figura 36 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.....64

Figura 37 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.....644
Figura 38 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio + conservante.....655
Figura 39 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio + conservante. 65
Figura 40 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio + conservante.....65
Figura 41 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante. 66
Figura 42 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante.....66
Figura 43 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante. 66
Figura 44 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.....67
Figura 45 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz. 67
Figura 46 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz.....67

Figura 47 - Degradação da cor do corante, luminosidade da lâmpada 3,0W.....70
Figura 48 - Degradação da cor do corante, luminosidade da lâmpada 6,5W.....70
Figura 49 - Degradação da cor do corante, luminosidade da lâmpada 12W.....71
Figura 50 - Degradação da cor do corante, coordenada a* da lâmpada 3,0W. 71
Figura 51 - Degradação da cor do corante, coordenada a* da lâmpada 6,5W. 71
Figura 52 - Degradação da cor do corante, coordenada a* da lâmpada 12W. 72
Figura 53 - Degradação da cor do corante, coordenada b* da lâmpada 3,0W 72
Figura 54 - Degradação da cor do corante, coordenada b* da lâmpada 6,5W 72
Figura 55 - Degradação da cor do corante, coordenada b* da lâmpada 12W. 73
Figura 56 - degradação da cor na lâmpada de 12W. (a) suco padrão, (b) amostras com oxigênio + conservante(esquerda) e oxigênio reduzido + conservante(direita). (c), (d) e (e) nas três variáveis, começando com oxigênio + conservante (esquerda), oxigênio reduzido + conservante(meio) e oxigênio reduzido conservante/ abrigo de luz(direita).FONTE: Autor.....73
Figura 57 - degradação da cor na lâmpada de 6,5W. (a), (b), (c), (d) e (e) nas três variáveis, começando com oxigênio + conservante (esquerda), oxigênio reduzido + conservante(meio) e oxigênio reduzido + conservante/ abrigo de luz(direita). FONTE: Autor.....74
Figura 58 - degradação da cor na lâmpada de 3,0W. (a), (b), (c), (d) e (e) nas três variáveis, começando com oxigênio + conservante (esquerda), oxigênio reduzido + conservante(meio) e oxigênio reduzido + conservante/ abrigo de luz(direita). FONTE: Autor.....74
Figura 59 - Degradação da cor do corante, cromaticidade c* da lâmpada 3,0W 76
Figura 60 - Degradação da cor do corante, cromaticidade c* da lâmpada 12W. 76
Figura 61 - Degradação da cor do corante, cromaticidade c* da lâmpada 6,5W. 77
Figura 62 - Degradação da cor do corante, tonalidade h* da lâmpada 3,0W.....77
Figura 63 - Degradação da cor do corante, tonalidade h* da lâmpada 6,5W.....77
Figura 64 - Degradação da cor do corante, tonalidade h* da lâmpada 12W.....77

Figura A1 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.....86
Figura A2 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 86
Figura A3 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 87
Figura A4 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.....87
Figura A5 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 87

Figura A 6 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 88
Figura A7 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade....88
Figura A8 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 88
Figura A9 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 89
Figura A10 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade....89
Figura A11 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 90
Figura A12 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 90
Figura A13 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade....90
Figura A14 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 91
Figura A15 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 91
Figura A16 – (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade....91
Figura A17 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 92
Figura A18 – (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade. 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de comprimento, diâmetro, textura da pitaya e valores médios de cor da casca e polpa da pitaya vermelha. 222
Tabela 2: Valores da composição da Pitaya. 233
Tabela 3: Tempos de meia-vida para as diferentes ordens de reação.....388
Tabela 4: Modelos Matemáticos.....43
Tabela 5: Resultados das análises físicas realizadas no fruto da pitaya.....44
Tabela 6: Resultados da análise colorimétrica realizada na polpa e no suco da pitaya.....45
Tabela 7: Resultados das análises físico-químicas realizadas na polpa e suco da pitaya.....46
Tabela 8: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com de oxigênio + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo....48
Tabela 9: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com de oxigênio reduzido + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo 49
Tabela 10: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo.....50
Tabela 11: Valores dos parâmetros dos modelos matemáticos.....55
Tabela 12: Resultados do tempo de meia vida ($t_{1/2}$) em horas para cada modelo matemático.....56

Tabela 13: Parâmetros do modelo de segunda ordem e parâmetros cinéticos da reação de degradação do corante de pitaya.....57

Resultados obtidos para os parâmetros de cor no estudo de estabilidade do suco de pitaya, 3,0W, coordenadas L*, a* e b*.....68

Tabela 15: Resultados obtidos para os parâmetros de cor no estudo de estabilidade do suco de pitaya, 6,5W, coordenadas L*, a* e b*.....69

Tabela 16: Resultados obtidos para os parâmetros de cor no estudo de estabilidade do suco de pitaya, 12W, coordenadas L*, a* e b*.....69

Tabela 17: Resultados obtidos para os parâmetros de cor do estudo de estabilidade do suco de pitaya, 12W, coordenadas c*, h e ∆E.....75

Tabela 18: Resultados obtidos para os parâmetros de cor do estudo de estabilidade do suco de pitaya, 6,5W, coordenadas c*, h e ∆E.....75

Tabela 19: Resultados obtidos para os parâmetros de cor do estudo de estabilidade do suco de pitaya, 3,0W, coordenadas c*, h e ∆E.....76

Tabela B1: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo. Em análise com solução de McIlvaine. 93

Tabela B2: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio reduzido + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo. Em análise com solução de McIlvaine.....94

Tabela B3: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio reduzido/ao abrigo de luz + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo. Em análise com solução de McIlvaine.....95

1 – INTRODUÇÃO

O atual mercado consumidor tem buscado alimentos funcionais e isso faz com que a indústria alimentícia procure métodos para obter produtos capazes de atender esses anseios.

Essa conscientização da população por uma alimentação mais saudável faz com que aumente a busca de produtos naturais (VITTI et al., 2003) por sua composição nutricional, presença de minerais, vitaminas e outras substâncias essenciais ao bom funcionamento do organismo humano que esse alimentos podem proporcionar (GOTO e HORA, 2010).

O mercado consumidor em relação a tais produtos cresce de acordo com o aumento das suas áreas de aplicações como, por exemplo, a utilização de corantes naturais em substituição de corantes artificiais, já que vários órgãos de fiscalizações nacionais e internacionais limitam o uso de corantes artificiais em algumas aplicações, como no caso de produtos alimentícios.

No entanto, essa substituição de corantes sintéticos por corantes naturais constitui um desafio, pois a cor e a estabilidade dos pigmentos vegetais dependem de vários fatores, incluindo a estrutura e a concentração do pigmento, pH, temperatura, intensidade luminosa, presença de íons metálicos, enzimas, oxigénio (BENTES, S. A.) A identificação de extratos de corantes aquosos estáveis (por exemplo, sucos de frutas e vegetais) é atraente porque o seu estado os torna facilmente comercializados.

Em relação ao mercado frutífero, o Brasil encontra-se em destaque entre os maiores produtores de frutas do mundo, muitas delas fontes potenciais de corantes. (AGRIANUAL, 2010). Levando-se em conta esse mercado frutífero, tem-se a *Hylocereus costaricensis*, fruto conhecido como pitaya, pertencentes à família dos cactos. Este, por sua vez vem sendo cultivado em varias regiões do Brasil, inclusive no Estado do pará (citar trabalhos). Os pigmentos da fruta dessa espécie, mais importantes são as betacianinas de violeta-vermelho e as betaxantinas amarelas, que pertencem aos pigmentos de betalaínas.

Inicialmente os estudos realizados com esse fruto, vêm sendo conduzido de forma a abordarem sobre sua parte nutricional e funcional da planta, da casca, da

polpa e das sementes do fruto, os insetos polinizadores que a frequentam, os aspectos fenológicos, a pós-colheita dos frutos, a viabilidade econômica da cultura, a estabilidade luminosa e térmica do corante. Esses estudos são realizados com o objetivo de verificar sua possível aplicação em cosméticos, alimentos e fármacos. (MELO, R. F. e SOUSA, P. M. E.)

A pitaya, embora apresente um grande potencial econômico, ainda têm consumo restrito devido seu alto valor agregado, em decorrência da produção limitada, do manejo da difícil colheita, dos cuidados no transporte e armazenagem e por serem altamente perecíveis (PEREIRA, 2007).

As pesquisas realizadas sobre técnicas de estabilização de corantes naturais são de grande relevância, pois busca melhorar sua estabilidade ampliando seu uso e, consequentemente, diminuindo seu custo (NILSSON, 1970). Nesse âmbito, o presente trabalho tem como objetivo geral verificar a potencialidade do fruto da pitaya como fonte de corante natural.

Como, objetivos específicos:

- Realizar a caracterização física e físico-química do fruto e do suco da pitaya, também verificar os teores de betacianina presente no mesmo.

- Estudar a estabilidade da betacianina em diferentes luminosidades.

- Avaliar a degradação da cor do corante de pitaya também a diferentes luminosidades.

2 – REVISÂO DE LITERATURA

2.1 – PITAYA (*HYLOCEREUS COSTARICENSIS*)

2.1.1 – Origem e suas características agronômicas

A pitaya é uma fruta que pertence à família das Cactaceas e tem como origem as regiões de florestas tropicais do México e das América Central e Sul (CANTO, 1993; MIZRAHI; NERD; NOBEL, 1997).

É comercializada nos países da Europa e nos Estados Unidos como planta ornamental, porém sua principal aplicação é alimentícia. E seu cultivo tem se mostrado promissor do ponto de vista agronômico e econômico (Ortiz; liveira, 1995). Além disso, a fruta já vem sendo utilizada por suas propriedades funcionais decorrentes da presença de compostos bioativos.

A pitaya é uma fruta que desponta com grande potencial de aproveitamento na culinária brasileira, podendo ser utilizada em geleias, sucos, sorvetes, doces ou apreciada in natura (Donadio, 2009). A fruta é bastante atraente e sua polpa apresenta sabor levemente adocicado, o que desperta a atenção dos mais exigentes consumidores. É considerada altamente nutritiva, com alto teor de água, minerais e açucares, compostos antioxidantes e de baixo valor calórico. Além da importância nutricional, a pitaya possui aplicação na indústria farmacêutica e de cosméticos (MOLINA; CRUZ; QUINTO, 2009).

Há variabilidade entre as espécies quanto ao tamanho e coloração dos frutos, a espécie *Hylocereus costaricensis*, Figura 1, apresenta frutos com coloração vermelha tanto na casca quanto na polpa; (a) *Selenicereus megalanthus* possui a polpa esbranquiçada e a casca na coloração amarela; (b) *Selenicereus setaceus* a casca é vermelha e a polpa esbranquiçada, como na (c) *Hylocereus undatus*, porém o fruto é de tamanho menor e apresenta espinhos. Visualizadas na Figura 2.

Figura 1 - Pitaya da espécie Hylocereus *costaricensis*

FONTE: Autor.

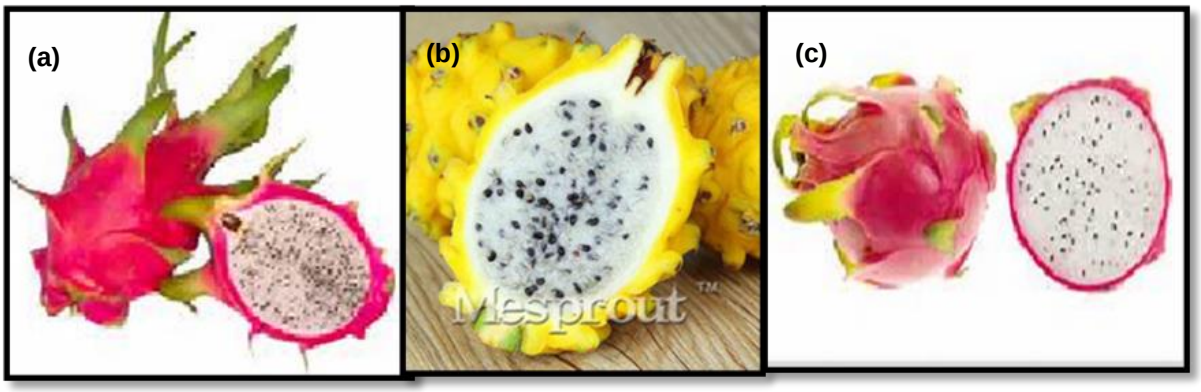

Figura 2 - Variedades dos tipos de pitaya

(a) *Selenicereus setaceus*, FONTE: pitaya (dragon fruit).http://plantastudo.blogspot.com.br. Acesso em 2017; (b) *Selenicereus megalanthus*. FONTE: https://pt.aliexpress.com. Acesso em 2017; (c) *Hylocereus undatus*. FONTE: https://pt.aliexpress.com, Acesso em 2017.

Estudos têm sido realizados com a pitaya e pesquisadores têm enfatizado suas propriedades funcionais, auxiliando na redução do risco de doenças crônicas (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2002; STINTZING; CARLE, 2004; WICHIENCHOT; JATUPORNPIPAT; RASTALL, 2010).

Na polpa, foi identificada a presença de antioxidantes, tais como flavonoides e betalaínas (Escribano et al., 1998, pedreño, escribano, 2001, wybraniec e mizrahI, 2002), e oligossacarídeos com propriedades prebióticas (Wichienchot, JATUPORNPIPAT e RASTALL, 2010).

A casca também apresenta compostos antioxidantes, especialmente as betalaínas (LI-CHEN et al., 2006), suas sementes são ricas em ácidos graxos essenciais e fitoesteróis (ARIFFIN et al., 2009; RUI et al., 2009).

No Brasil, o cultivo comercial de pitaya vem crescendo, principalmente da espécie *Hyloceres undatus*, pitaya vermelha de polpa branca. Atualmente, a cultura da pitaya já se propaga em várias regiões do Brasil. Por causa de seu alto valor do mercado e a boa aceitação dos consumidores, produtores estão investindo, também na produção das espécies amarela, pitaya de polpa e casca vermelhas e a pitaya do cerrado.

Os frutos pertencentes à família Cactaceae, por exemplo a pitaya, se caracterizam, geralmente, pela presença de aréolas com pelos e espinhos, caule suculento, casca verde e ausência de folhas copadas (BUXBAUM, 1995 citado em FAO (2001)).

Muitas espécies de cactáceas produzem frutos comestíveis classificados em três tipos, tunas, trepadeiras e pereskia. Como frutíferas, são conhecidas apenas as pertencentes ao grupo Platyopunia, que apresentam segmentos planos de caule (NERD et al., 1993, LORENZI et al., 2006).

Essas plantas são muito desenvolvidas fisiologicamente, adaptaram sua forma de respirar para evitar a perda de agua durante o dia. Possuem crescimento lento e, a maior parte do tempo, armazenam água nos seus tecidos. Esse fator dificulta os estudos sobre as espécies desse táxon, uma vez que várias delas podem passar décadas até atingirem a maturidade e, finalmente começarem a se multiplicar de forma sexuada (FAO, 2001).

A pitaya é uma planta xerófita, resistente à seca e pouco exigente quanto à qualidade do solo (Alvarado, cruz e rindermann, 2003). Geralmente espinhosa (Junqueira et al., 2002), subsiste em condições naturais limitantes (CANTO, 1993) e apresenta vasta gama de características anatômicas e fisiológicas para conservar água (SHETTY, RANA e PREETHAM, 2011).

Botanicamente, deriva das epífitas e faz parte da família das Cactaceas e da subfamília Cereoideae que inclui o gênero Cereus, e dentro deste as espécies *Cereus undatus*, *Cereus polyrhizus* e *Cereus megalanthus* a mesma que se pode encontrar como sinônimo de Hylocereus (CANTO, 1993).

A planta pode ser classificada como perene e que geralmente cresce sobre arvores ou pedras, tem raízes fibrosas, abundantes e desenvolve também numerosas raízes adventícias, que ajudam na fixação e na obtenção de nutrientes, os ramos são triangulares, suculentos e apresentam espinhos com 2 a 4 mm de largura, A flor é hermafrodita, de cor branca ou amarela, grande (mede cerca de 20 a 30 cm de largura) e abre durante a noite, O fruto é globoso ou subgloboso, mede de 10 a 20 cm de diâmetro e seu peso varia de 200 g até 1000 g, podendo ser de coloração amarela ou vermelha, coberto com escamas (de onde vem o nome de fruta dragão, dragon fruit (Lichen et al., 2006)). As sementes medem cerca de 3 mm de diâmetro e são muito numerosas, de coloração preta e se encontram distribuídas em toda a polpa que é cremosa e com sabor suavemente doce, de cor branca ou púrpura, dependendo da espécie (CANTO,1993). Na figura 3 pode-se visualizar pitayas, o ramo e flores.

Figura 3 - Pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*)
(a) ramo; (b) pitayas e (c) flores.
FONTE: Armando kojz muto

Do ponto de vista agronômico, essas espécies são geralmente convenientes, fáceis de multiplicar e cultivar. Em geral, produzem frutos rapidamente e poucas doenças e pestes foram encontradas (MERTEN, 2003; LE BELLEC; VAILLANT; IMBERT, 2006.

2.1.2 – Aspectos físico – químicos da pitaya

Características físicas e químicas do fruto, estão relacionadas ao aspecto visual e funcional do fruto, além de agregar valor, o fornecimento desses dados permite um planejamento adequado para o processo industrial.

Para Pinto (2010), a polpa apresentou os seguintes valores, Tabela 1, para diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, firmeza e cor para a pitaya vermelha.

Tabela 1: Valores de comprimento, diâmetro, textura da pitaya e valores médios de cor da casca e polpa da pitaya vermelha.

Variáveis	**Pitaya Vermlha** (média ± DP)	**Variáveis**	**Pitaya vermelha Polpa**
Diâmetro Longitudinal (cm)	8,59	L*	23,10
Diâmetro Transversal (cm)	7,98	a*	7,73
Firmeza (N)	8,13	b*	1,32

Fonte: PINTO 2010.

O valor L* define a luminosidade, com valores variando de 0 a 100 (L* = 0 preto e L* = 100 branco). Os valores de a* e b* são responsáveis pela cromaticidade, o a* representa a variação do verde ao vermelho (+a*vermelho e –a* verde), o valor de b* do azul ao amarelo (+ b* amarelo e –b* azul).

A composição centesimal exprime, de forma geral, o valor nutritivo de um alimento e corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100g do alimento considerado. Os grupos de substâncias consideradas homogêneos são aqueles que se encontra em todos os alimentos, umidade, lipídios ou extrato etéreo, proteínas, fibras, cinzas ou resíduo mineral e glicídios ou extrato não nitrogenado (Moretto et al., 2002 e duarte, 2013). Valores determinados em alguns trabalhos da composição da pitaya são mostrados na Tabela 2, composição da polpa do fruto.

Tabela 2: Valores da composição da Pitaya.

Componentes	Polpa (mesocarpo)
Umidade (%)	85,52[1]; 86,08[2]; 84,7[3]; 87,1[4]
Cinzas (%)	0,36[1]; 0,39[2]; 0,63[4]
Sólidos Solúveis (°Brix)	11,0[1];9,3[4];
pH	4,88[1];

Fonte: Abreu 2012[1]; Oliveira 2010[2]; Mhatanatawee 2010[3]; Cruz 2013[4].

A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. É uma das medidas mais importantes utilizadas em análise de alimentos, já que a preservação de um alimento depende da sua quantidade de água, influência na aparência, sabor, estrutura, deterioração, também contribui para o desenvolvimento de microrganismo que degradam o alimento (Duarte, 2013). A umidade de um alimento está relacionada à sua estabilidade, qualidade e composição e pode afetar a estocagem, embalagens e o processamento (CECCHI, 2003).

O aquecimento direto da amostra a 105ºC é o processo mais usual, para se obter o resíduo seco. Amostras de alimentos que se decompõem ou iniciam transformações a essa temperatura, devem ser aquecidas em estufas a vácuo, onde se reduz a pressão e se mantém a temperatura de 70ºC (INSTITUTO ADOLFO LUTZ ,1985; OLIVEIRA, 2006).

Para Oliveira, (1997) a determinação de cinzas é considerada medida geral de qualidade e é frequentemente utilizada como critério na identificação dos alimentos. O teor muito alto de cinzas indica a presença de adulterantes.

Cinzas é o produto que se obtém após aquecimento de uma amostra a uma temperatura de 500 a 600 ºC, ou seja, até o aquecimento ao rubro, durante 4 horas ou até a combustão total da matéria orgânica. Esta determinação fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. A determinação das cinzas é feita muitas vezes, apenas para se conhecer o extrato não nitrogenado e/ou a matéria orgânica de determinadas amostras, sem a preocupação do teor de mineral.

Para o pH, vários fatores tornam importante a determinação em um alimento, tais como: influência na palatabilidade; o crescimento, a sobrevivência ou a destruição dos microrganismos; escolha da embalagem que será utilizada para o alimento;

escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção; escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria; escolha de aditivos e vários outros (OLIVEIRA, 2006).

2.1.3 – Aplicações

A pitaya é utilizada para muitas finalidades, porém sua maior importância é como alimento (Luders e mcmahon, 2006), principalmente na forma de fruta fresca ou preparada como bebida. No México, Estados Unidos, Espanha, Itália e no Norte da África, os cactos fazem parte de uma importante parcela da dieta das pessoas (Shetty, rana e preetham, 2011). A fruta pode ser transformada em sucos, compotas, xaropes, fermentados, doces e geleias (CANTO, 1993; JUNQUEIRA et al., 2002; HOA et al., 2006; KLEINHEINZ et al., 2009; RAZAK, 2009).

Devido à beleza das suas flores, a planta pode ser utilizada como ornamento. Além disso, algumas de suas partes podem ser aproveitadas como forragem para o gado e algumas aves (Alvarado, cruz e rindermann, 2003). A pitaya também é utilizada para fins medicinais. As flores podem ser ingeridas ou usadas para fazer chá, as sementes têm efeito laxante, o fruto tem efeito em gastrites, o talo e as flores também são utilizados para problemas renais (DONADIO; NACHTGAL; SACRAMENTO, 1998).

Contudo, o maior interesse da pitaya atualmente tem sido a possibilidade de extração de corantes naturais (MOBHAMMER, STINTZING e CARLE, 2005)

2.1.4 – Betalaínas

As betalaínas são pigmentos nitrogenados coloridos e hidrossolúveis. Dão origem à pigmentação vermelho-escura da beterraba (*Beta vulgaris*) e ao vermelho-rubro da flor Amaranthus dentre outros. As betalaínas estão também relacionadas com o pigmento animal da melanina, as eumelaninas, que tem como função principal proteger a pele humana dos raios ultravioletas.

Estão presentes em flores, frutos, raízes e folhas. As betalaínas são encontradas em apenas dez famílias de cariofilales (Angiospermas), como exemplo a beterraba, e em algumas espécies de fungos e frutos de cactos.

São pigmentos que incluem as betacianinas vermelhas e as betaxantinas amarelas. Semelhante às antocianinas, as betalaínas representam papel importante na reprodução das plantas, no entanto seu papel nas raízes, folhas e galhos ainda é um pouco obscuro. Surpreendentemente nunca são encontradas em conjunto com as antocianinas. A Figura 4 visualiza-se, plantas onde se encontram betalaínas.

Figura 4 - Plantas com o pigmento Betalaina.

FONTE: (a) *Celosia argentea* (Crista-de galo); (b) *Beta vulgaris* (Beterraba); (c) *Opuntia ficus-indica* (figueira da Índia). Fonte: http://bellatorra.com. Acesso em 2017; (d) *Bougainvillea* (primavera). Fonte: Braga C., Bougainvillea – Bougainvillea spectabilis. Acesso em 2017, (e) *Portulaca oleracea* (onze-horas). Fonte: James H. Schutte. http://www.learn2grow.com, Acesso em 2017 e (f) *Mirabilis jalapa* (maravilha jalapa).

Estruturalmente, as betalaínas são derivadas do ácido betalâmico, figura 5 (a), (strack, vogt e schliemann, 2003; herbach, stintzing e carle, 2006b). A natureza do resíduo da adição do ácido betalâmico determina a classificação do pigmento, com derivados de ciclo-Dopa tem-se betacianinas vermelho-violáceas; com aminoácidos/aminas tem-se betaxantinas amarelas. (b) e (c), respectivamente. (STRACK; STEGLICH; WRAY, 1993; CLEMENT; MABRY, 1996; GRANDÍA-HERRERO; ESCRIBANO; GARCÍA-CARMONA, 2005; AZEREDO, 2009).

As betaxantinas são produtos da condensação do ácido betalâmico e aminoácidos ou aminas, respectivamente. Dependendo da estrutura particular do

composto amino, a máxima absorção das betaxantinas varia entre 460 e 480 nm (stintzing, schieber e carle, 2002b). As betaxantinas mais comums e frequentemente citadas são as glutaminas – betaxantinas (vulgaxantinas) (HERBACH; STINTZING; CARLE, 2006b).

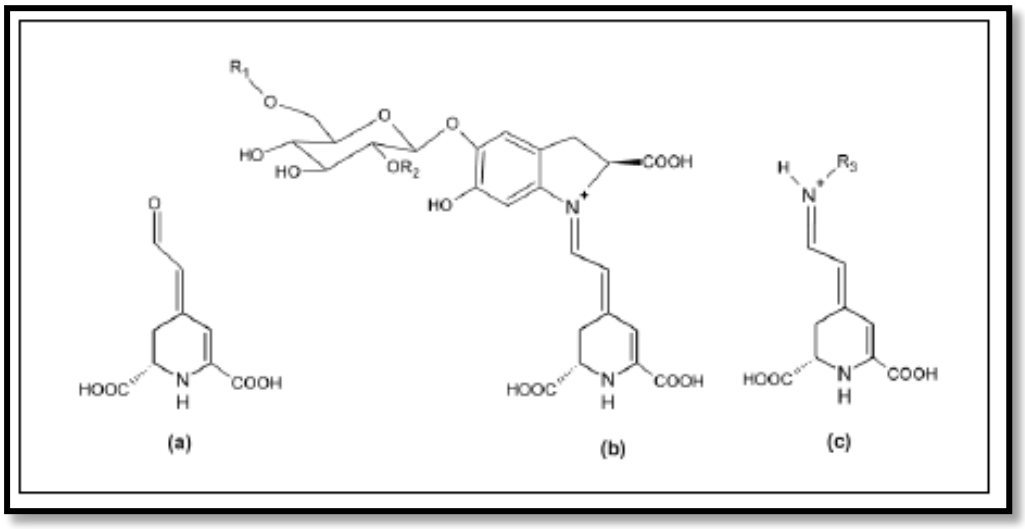

Figura 5 - Betalaínas

(a) Estrutura geral do ácido betalâmico; (b) betacianinas; (c) betaxantinas.

FONTE: STRACK; STEGLICH; WRAY (1993)

As betacianinas são os produtos da condensação do ácido betalâmico e do ciclo-Dopa [ciclo–3–(3,4-dihidroxifenilalanina)] e apresentam cor violeta profunda. O seu deslocamento crômico de 50 a 70 nm quando comparado com as betaxantinas é atribuído à estrutura aromática do ciclo-Dopa (zryd, 2004). Pela glicolisação com um ou dois monossacarídeos assim como acetilação do resultante 5-0 ou 6-0 glucosídeos, uma grande variedade de estruturas das betacianinas é possível. A pesquisa com betacianinas tem sido principalmente focada nas betaninas (STINTZING *et al*., 2004a).

As propriedades funcionais das betalaínas incluem atividades antivirais e antimicrobianas. De fato, a literatura científica relata que as betalaínas possuem elevado efeito anti-radicais livres, representando uma nova classe de antioxidantes cationizados na dieta (CAI, Y.Z.; SUN, M.; CORKE, H., 2005).

Durante o processamento e estocagem, as betalaínas estão sujeitas a alguns tipos de alteração que resultam em mudança de cor. As betacianinas podem sofrer clivagem hidrolítica, separando o ácido betalâmico do restante da estrutura.

Pode ocorrer algum grau de regeneração por recondensação dos produtos de hidrólise, com consequente recuperação de cor após estocagem sob refrigeração (stintzing e carle, 2007). Reações de desidrogenação, descarboxilação e deglicosilação podem também resultar em alterações de cor (Herbach et al., 2006) (EMBRAPA 2012).

Embora tenham sua carga alterada por variações de pH, as betalaínas não são tão suscetíveis à clivagem hidrolítica quanto as antocianinas, mantendo sua coloração dentro da faixa de pH de 3 a 7 (stintzing e carle, 2004). Assim, embora a faixa ótima de pH (para estabilidade das betalaínas) seja de 5 a 6 (vaillant et al., 2005), elas podem ser aplicadas a alimentos de baixa acidez, ao contrário das antocianinas. A estabilidade de betalaínas é favorecida por baixa atividade de água (Aw), o que pode ser atribuído a efeitos associados à mobilidade dos reagentes (Delgado et al., 2000). As taxas de degradação de betalaínas são também elevadas por aumento da concentração de O2 e por exposição à luz (Herbach et al., 2007). Alguns cátions metálicos, como Fe (ferro), Cu (cobre), Sn (estanho) e Al (alumínio), aceleram a degradação dos pigmentos (Roy et al., 2004). A adição de ácidos orgânicos reduz a degradação de betalaínas (Herbach et al., 2006; Stintzing; Carle, 2007). (EMBRAPA 2012).

2.1.4.1 – Conversão da betaxantina em betacianina

Em 1965 observou-se a primeira relação estrutural entre betacianinas e betaxantinas. A síntese de betaxantina (indixantina) a partir da betacianina (betanina e um excesso de prolina de 0,6 N de amoníaco sob vácuo). Em seguida, se demonstrou a formação de betaxantinas a partir da betanina por meio da condensação do produto de hidrólise da betanina e do ácido betalâmico (BA) com um aminoácido (FENEMA, 2010).

Atualmente não há muita informação sobre a estabilidade das betaxantinas. Porém, as betaxantinas são semelhantes às betacianinas em relação ao pH pois sua estabilidade depende deste fator. A conversão de betacianina em betaxantina pode ocorrer em alimentos ricos em proteínas e pode causar a perda da coloração de alimentos que contem betalaínas (FENEMA, 2010).

2.2 – CORANTES

Um corante é um composto químico que transmite cor, pode ser definida como substância obtida de vegetais, animais ou de minerais, ou sintética, utilizados para conferir ou aumentar a cor dos produtos (BADUI, 1993).

Os corantes vêm sendo empregados há milhares de anos. Em 5.000 a.C. Há relatos do uso de corantes em cosméticos e a partir de 1500 a.C. os corantes naturais como a cúrcuma, a páprica e o açafrão passaram a ser utilizados para colorir alimentos (Mascarenhas, 1998). Os corantes naturais foram os pioneiros na arte de colorir, adquirindo maior poder tintorial e durabilidade pela adição de sais de alumínio e ferro.

A partir do século XX passou-se a extrair e produzir corantes sintéticos, sendo denominados também de artificiais, e utilizados nos alimentos para conferir cor ou repor a cor natural perdida durante processos de industrialização. Apesar dos corantes sintéticos apresentarem menores custos de produção e maior estabilidade, o número de aditivos sintéticos permitidos nos países desenvolvidos está diminuindo, a cada ano, em favor dos pigmentos naturais (Constant, tringheta & Sandi, 2002).

Tendo em vista indícios de problemas à saúde humana, que podem ser provocados pelo consumo de corantes sintéticos, pesquisas têm sido dirigidas no intuito de substituí-los por corantes de origem natural (Patil et al., 2009). No Brasil apenas 13 dos corantes orgânicos sintéticos artificiais, são permitidos em alimentos (ANVISA).

O uso de corantes naturais na indústria alimentícia é limitado em função de sua baixa estabilidade frente às condições de preparação, processamento e estocagem. Vários fatores como tempo, efeito da temperatura, solventes empregados, técnicas de obtenção dos pigmentos, dentre outros, afetarão o produto final obtido (Rodríguez Saona & Wrolstad, 2001).

Por sua vez, corantes naturais, com cores atrativas e possíveis ações benéficas à saúde, despertam o interesse para estudos sobre sua obtenção, estabilidade e conservação. Além disso, o manejo consciente com objetivos de preservar e incentivar a descoberta de novas espécies nativas e exóticas que são fontes desses corantes também torna esses estudos interessantes.

Por esse motivo, a utilização de corantes naturais de fontes biológicas e pigmentos extraídos das plantas, fungos, bactérias, algas e insetos vêm aumentando nos últimos anos. Algumas das principais categorias de pigmentos vegetais incluem as betalaínas, as antocianinas e outros flavonóides, carotenóides e clorofilas. As betalaínas são uma classe de pigmentos naturais que compõem as betaxantinas e as betacianinas. (STINTZING; SCHIEBER; CARLE (2002), AWIKA; ROONEY; WANISKA (2004).

Pesquisas feitas com as betalaínas mostraram que elas possuem sensibilidade a temperatura, pH, luz e oxigênio (Von elba (1975), saguy; kopelman; mizrahi (1978), saguy, (1979), attoe e von elba (1981), cohen e saguy (1983), huang e von elbe (1987). Por esses motivos atualmente são estudadas alternativas para controlar ou aumentar a estabilidade das betalaínas possibilitando sua utilização e aplicação em produtos industrializado.

2.2.1 – Métodos de extração de corantes

Os diferentes métodos para extração de materiais para corantes são:

- Extração aquosa

A extração aquosa foi tradicionalmente usado para extrair os corantes das plantas e outros materiais. Neste método, o material que contém o corante é primeiro quebrada em pedaços pequenos ou em pó e peneirado para melhorar a eficiência da extração.

Geralmente, centrífugas são utilizados para separar a matéria residual. Uso de filtros biológicos pode assegurar a remoção de partículas de material vegetal finos e garantir uma melhor solubilidade do corante natural purificada.

- Alcalina ou extração ácida

Um processo de hidrólise ácida é utilizada para a extração de corante tesu (Butea monosperma) flores. Água acidificada é também utilizado para a extração de alguns corantes flavona para prevenir a degradação oxidativa.

Extração alcalina é adequado para corantes dos grupos fenólicos como eles são solúveis em soluções alcalinas, essa extração melhora o rendimento do corante. Corantes podem ser depois precipitadas pela utilização de ácidos. Tintura de sementes de urucu pode ser extraído por esta técnica.

- Micro-ondas e extração assistida ultra-sônica

Estes são processos de extração possuem a eficiência na extração, reduz assim a quantidade necessária de solvente, tempo, e temperatura de extração.
Quando o corante natural contendo materiais de planta é tratada com água ou qualquer outro solvente na presença de ultra-som, muito pequenas bolhas ou cavitações são formados no líquido. Quando isso acontece, eleva-se a temperatura temperatura e pressão. Isso aumenta a eficiência da extração em um curto espaço de tempo

- Fermentação

Este método de extração utiliza as enzimas produzidas pelos micro-organismos presente na atmosfera ou as presentes nos recursos naturais para auxiliar o processo de extração. Extração Indigo é o exemplo mais comum para este tipo de extração.

Nesse método é necessário a extração dos pigmentos imediato após a colheita, mau cheiro devido à ação microbiana, e assim por diante, são algumas das desvantagens deste método.

- Extração enzimática

Como os tecidos vegetais contêm celulose, amidos, pectinas e como materiais de ligação, as enzimas disponíveis comercialmente incluindo celulase, amilase, e pectinase têm sido usados por alguns pesquisadores para soltar o material circundante que conduz à extração de moléculas de corante em condições mais suaves. Este processo pode ser benéfico na extração de materiais vegetais a partir de corante duros, tais como a casca, raízes e semelhantes.

- Extração de solvente

Baseia-se na facilidade com que substâncias podem ser transformadas em derivados com solubilidade bastante diferenciada das substâncias originais.

- Extração fluido supercrítico

Extração com fluido supercrítico é uma área emergente na extração de produtos naturais e purificação. A funções de gás como um fluido supercrítico acima dos seus valores críticos da temperatura e da pressão.

Um fluido supercrítico é capaz de dissolver muitas substâncias como um líquido como a solubilidade de uma substância em qualquer solvente é superior a pressão mais elevada e a temperatura e são necessários tais condições para manter um gás no estado supercrítico.

A extracção com fluido supercrítico utilizando o dióxido de carbono (CO2) é uma boa alternativa à extração por solvente, uma vez que não é tóxico, barato, facilmente disponível, e não deixa resíduos.

2.2.2 – Corantes naturais

Atualmente, há uma tendência mundial quanto à utilização de produtos elaborados com ingredientes naturais, em substituição aos sintéticos, uma vez que o composto natural é considerado inócuo e o artificial é geralmente tóxico (SAONA-RODRIGUEZ; GIUSTI; WROLSTAD,1998).

Os corantes naturais são empregados na indústria alimentícia e de bebidas, uma vez que apresenta ausência de toxidez, não apresentando danos a saudade e possibilitando uma qualidade de vida melhor para o usuário e interagindo com a conservação do meio ambiente (Carvalho, 1989, Constante et al., 2002).

São utilizados para restabelecer a coloração original de produtos cujos constituintes afetam a cor inicial, diminuindo-a, compensar a perda de cor devido ao processamento industrial, uniformizar a cor cuja matéria-prima tem flutuação de cor e dar cor a produtos originalmente incolores e não atrativos ao consumidor.

2.2.2.1 – Classificação dos corantes naturais

Os corantes naturais são classificados em semiclasses, de acordo com Ruiz (2006), como:

- Orgânicos ou naturais: obtidos a partir de plantas e animais, tais como a clorofila, carotenóides, betalaínas, flavonóides e antocianinas;
- Minerais: tais como sulfato de cobre, cromato de potássio e outros, não utilizados em alimentos por apresentarem íons metálicos;
- Artificial: obtêm-se por síntese química (Cenzano, 1994). De acordo com a sua solubilidade são solúveis em água ou em gordura.

A Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA), criou três categorias para certificar os corantes (MARMION, 1991):

1. FD & C: Certificados para uso em alimentos, medicamentos e cosméticos em geral;

2. D & C Corantes: Corantes e pigmentos considerados seguros em medicamentos e cosméticos ingeridos ou utilizados em contato direto com as membranas mucosas;

3. Corantes Ext. D & C: corantes que, por sua toxicidade oral, não são usados em produtos para ingestão, mas são considerados seguros para uso externo.

2.2.2.2 – Vantagens e desvantagens dos corantes naturais

Há uma série de vantagens e desvantagens referentes ao uso de corantes naturais (Segundo, AngelucI, 1980). Dentre as vantagens atribuídas aos corantes naturais destacam-se:

- A não toxidade à saúde humana;
- A aceitação do mercado consumidor;
- A coloração mais natural, quando aplicados em alimentos;
- A estabilidade em certos alimentos;
- A viabilidade econômica;
- A solubilidade em óleo, compatibilizando a sua aplicação em alimentos mais gordurosos.

Dentre as desvantagens, destacam-se:

- A instabilidade ao calor – os corantes sintéticos são mais estáveis ao calor, apesar de poder haver degradação em alimentos enlatados;

- A instabilidade ao pH – enquanto os corantes artificiais não sofrem alterações de cor com o pH, os naturais têm restrições;

- A instabilidade à luz – com exceção da indigotina, os demais corantes artificiais são altamente estáveis à luz; já os naturais têm maior suscetibilidade à decomposição ou alteração de cor, em presença de luz;

- A instabilidade ao oxigênio – praticamente os corantes artificiais não sofrem oxidação; os naturais, principalmente os carotenos, em presença de oxigênio, luz e metais, são altamente suscetíveis à oxidação.

2.2.2.3 – Aplicações de corantes naturais

A extração e o uso de corantes naturais tem sido relatado em diversas áreas como tingimento e acabamento de produto têxteis, coloração de alimentos, cosméticos, células solares sensibilizadas por corante, indicadores de pH e outras (SHAHID 2013).

Alguns dos corantes mais utilizados se encontram descritos abaixo, de acordo com Enriques (2001):

- Urucum: seu corante por ter aplicações industriais não alimentícias, tais com remédios, corantes, vernizes e ceras para madeiras, tingimentos de tecidos, couros e fibras em geral, coloração de carnes, filmes e fotos;

- Cúrcuma: pode ser utilizada na coloração de produtos alimentícios em geral, como conservas, sopas desidratadas, bebidas;

- Dendê: a polpa de seus frutos contém um óleo com alto teor de pigmentos, destacando-se o betacaroteno;

- Cacau: usado em pequena escala como corante alimentício em produtos de confeitaria;

- Jenipapo: produz um corante azul e amarelo cristalino;

- Pitaya: corante natural com pigmentos de betacianina e bataxantina, da classe das Betalaínas.

2.2.2.4 – Estabilidade dos corantes naturais

2.2.2.4.1 – pH

Certos corantes devem ser utilizados em produtos que possuam uma determinada faixa de pH distinta do valor do corante, pois a variação do pH pode ocasionar uma alteração na sua cor. Com a diminuição do pH, poderá ocorrer também, diminuição na solubilidade do corante, e, consequentemente, elevar a turbidez da solução, acarretando numa redução da intensidade de cor.

Em relaçao a mudanças de pH, nas betalainas, não são tão suscetíveis à clivagem hidrolítica como as antocianinas. As Betalainas é relativamente estável entre

o intervalo de pH de 3 a 7 (Jackman & Smith, 1996), que permite a sua aplicação a baixos níveis de acidez em Alimentos. Abaixo do pH 3,5, o deslocamento máximo de absorção para comprimentos de onda mais baixos, e acima de pH 7, a mudança é para os superiores. Fora do intervalo de pH de 3,5-7,0 a intensidade do espectro visível diminui. PH ótimo para a estabilidade das betalaínas esta no intervalo máxima é 5-6 (HUANG & VON ELBE, 1985, 1987; CASTELLAR ET AL., 2003; VAILLANT).

2.2.2.4.2 – Oxigênio e luz

De acordo com (Ghiraldini,1989), a luz afeta os corantes naturais provocando o decaimento na intensidade de cor, deve-se, portanto, dar preferência a embalagens que retardam ao máximo este efeito, que é sentido principalmente em produtos líquidos.

Já nas betalaínas, um fator importante que contribui com a degradação é a presença de oxigênio. Em soluções com excesso molar de oxigênio, ocorre perda da betanina e esta é representada por uma cinética de primeira ordem. A degradação da betanina se desvia de uma cinética de primeira ordem quando a concentração molar de oxigênio se reduz e fica equivalente à da betacianina. Em ausência de oxigênio a estabilidade da betanina aumenta. O oxigênio molecular também é considerado como um dos agentes responsáveis pela degradação oxidativa da betanina. A luz acelera a oxidação das betalaínas, tornando assim as betaxantinas mais estáveis e a presença de antioxidantes, como o ácido ascórbico, o isoascórbico, melhora sua estabilidade.

Algumas betacianinas como as betanidinas e betaninas são instáveis na presença de oxigênio (Pasch; von elbe, 1979), pois reagem com o oxigênio molecular (Attoe; von elbe, 1985) reduzindo a estabilidade do pigmento (CZAPSKI, 1985; HUANG; VON ELBE, 1987).

Portanto, a presença de oxigênio e luz em corantes naturais, em produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos, sofrem perda na cor do pigmento e aumento no processo de oxidação do mesmo (FENEMA, 2010).

2.2.2.4.3 – Temperatura

De acordo com (Ghiraldine,1989), os corantes naturais podem ser classificados em relação a estabilidade ao calor, como:

- Ótima estabilidade, quando não perdem ou alteram a cor durante o tratamento térmico a que foram submetidos.

- Boa estabilidade: pouca perda de cor durante o tratamento térmico.

- Pobre estabilidade: perda de cor ou mudança de cor significativa durante o tratamento térmico.

A temperatura pode ser considerada o fator de influência mais crucial na estabilidade das betalaínas, tanto durante o processamento de alimentos quanto na sua estocagem. A taxa de degradação das betalaínas é acelerada com o aumento da temperatura e tempo de aquecimento *(*HAVLIKOVA; MIKOVA; KYZLINK, 1983; GARCIA BARRERA; RYNOSO; GONZALEZ DE MEJLA, 1998).

A estabilidade durante o processamento e armazenamento de alimentos, tem-se taxas crescentes de degradação de betalainas resultante do aumento das temperaturas (Saguy et al.,1978; Havlíkova' et al., 1983; García Barrera et al.,1998). A degradação de betacianina térmica em betanina que durante o processamento térmico, a betanina pode ser Isomerização, descarboxilação ou clivagem (por aquecimento ou Ácidos, resultando em uma Redução da cor vermelha e, eventualmente, a aparência de uma cor castanho claro (Huang & von Elbe, 1985; Drda'k & Vallova', 1990). Desidrogenação de betanina leva à formação de neobetanina, provocando um mudança. A clivagem de betanina e isobetanina, que pode ser também induzida por bases (SCHWARTZ & AMP; VON ELBE, 1983; SCHLIEMANN ET AL., 1999).

2.3 – COLORIMETRIA

As cores são adicionadas em determinados produtos, principalmente para restituir a aparência original (afetada durante as etapas de processamento, estocagem, embalagem e distribuição), para torná-lo visivelmente atraente (ajudando a identificar o aroma normalmente associado a determinados produtos) para conferir cor aos desprovidos de cor e para reforçar as cores presentes nesses produtos. A cor é apreciada não só pelo seu valor estético intrínseco, mas também como base para a identificação e avaliação de qualidade. Além de ser um fator decisivo no momento da escolha de um produto, pois o primeiro contato é feito através da cor (STRINGHETA et al., 2001).

A percepção da cor é produzida pela combinação de três fatores: fonte de luz, tipo de objeto e observador. A mudança de um desses fatores altera a maneira de visualizar a cor de um objeto qualquer. A distinção individual da cor é algo intrínseco do ser humano. No entanto, preferências pessoais nem sempre são adequadas às necessidades das indústrias para a quantificação deste atributo. Logo, é necessária uma linguagem universal para discutir a cor e suas variações. Esta linguagem comum é fornecida pelos instrumentos de análise de cor (Pontes, 2004). A resposta do olho humano foi padronizada em 1931 e levou ao que é conhecido como sistema CIE: Comissão Internacional de Iluminação (Commission Internationale de l'Eclairage), o qual foi adotado no mundo todo.

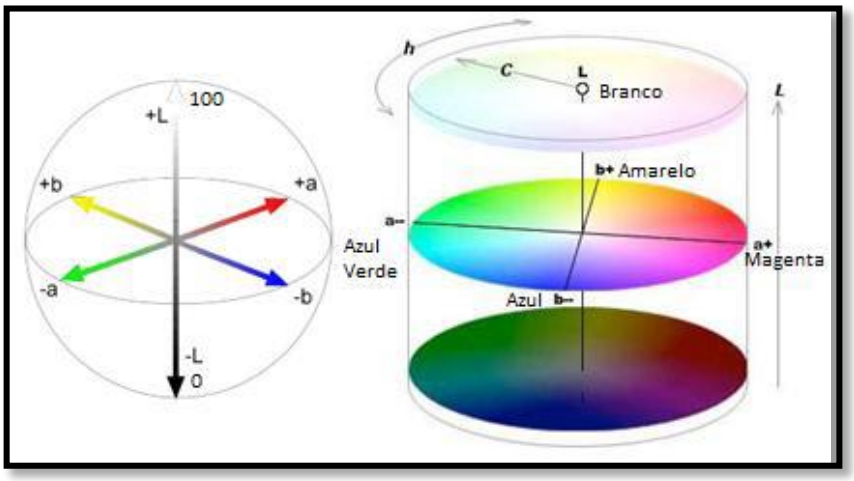

Figura 6 - Coordenadas cartesianas do espaço psicométrico CIEL*a*b*

Adaptado de sametbulu.wordpress.com

Este sistema utiliza valores de (L *, a * e b *) para descrever a localização precisa de uma cor dentro de um espaço de cor visível tridimensional, as cores são descritas ou por luminosidade (L*), coordenada a* (conteúdo de vermelho a verde) e coordenada b* (conteúdo de amarelo a azul) ou pelo uso de coordenadas cilíndricas de luminosidade (L*), tonalidade (h°) e croma (C*), (Quek et al.,2007) como mostra a Figura 6.

2.5 – VIDA DE PRATELEIRA

Um determinado produto pode sofrer rejeição devido a diversos aspectos, entre eles, a presença de micro-organismos patogênicos e deteriorantes, alterações na aparência, cor, odor, sabor e textura do alimento, perda do valor nutricional e contaminação de metais ou monômeros provenientes da embalagem (PADULA, 2002).

Alterações indesejáveis podem ocorrer em sucos, polpas de frutas e outras matrizes, e estão relacionadas aos aspectos microbiológicos, enzimático, ocorrência de reações químicas, normalmente de natureza oxidativa e também devido às alterações físicas, que comprometem suas características sensoriais (LOPES,2005).

A perda de qualidade nos alimentos pode ser representada matematicamente pelas equações 1 e 2 (FU; LABUZA, 1997):

$$\frac{-dC}{dt} = kCn \quad (1)$$

$$f\,(C) = kt \quad (2)$$

Onde: C - fator de qualidade medido; f(C) - função qualidade; t - tempo decorrido; k - constante da reação; n - ordem da reação; dC/dt - taxa de variação de C em função do tempo.

De acordo com Labuza (1984), a maior parte das degradações nos alimentos que têm sido estudadas é basicamente caracterizada como de ordem zero ou primeira ordem. Alguns exemplos característicos de tipos de alterações são:

- Ordem zero: perda da qualidade global de alimentos congelados e escurecimento não enzimático (MAILLARD);

- Primeira ordem: perda de vitaminas, morte/crescimento de micro-organismos, oxidação de pigmentos e alteração da textura em processamentos térmicos.

Nas reações de ordem zero a velocidade da reação é independente da concentração dos reagentes, e estas ocorrem, frequentemente, em alimentos onde há limitação de difusão de certos participantes da reação. As reações de primeira ordem, que dependem da concentração dos reagentes, são as mais comuns e bastante estudadas em alimentos (VITALI; TEIXEIRA NETO, 2002).

Deve-se dar ênfase ao fato de que as equações utilizadas para descrever a cinética das reações de deterioração dos alimentos não representam o mecanismo real destas reações, e, portanto, deve-se considerar que a ordem de reação é aparente (TAOUKIS; LABUZA; SAGUY, 1997).

Os tempos de meia-vida para as diferentes ordens de reação cinética podem ser encontrados utilizando as equações descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Tempos de meia-vida para as diferentes ordens de reação.

Ordem aparente de reação	**Tempo de meia vida ($t_{1/2}$)**	**Referência**
0	$t_{1/2} = C_0 / (2k)$	TAOUKIS; LABUZA; SAGUY (1997)
1	$t_{1/2} = \ln 2 / k$	1 TAOUKIS; LABUZA; SAGUY (1997)
2	$t_{1/2} = 1/ (kC_0)$	2 TAOUKIS; LABUZA; SAGUY (1997)

C0 = concentração inicial; k = constante de velocidade da reação de degradação

3 – MATERIAS E MÉTODOS

3.1 – MATÉRIAL

3.1.1 – Fruto

As amostras dos frutos in natura de pitayas (*Hylocereus costaricensis*) foram obtidas diretamente na CEASA, Castanhal - Pa. Os frutos apresentavam em média 350g e foram levados para o Laboratório de Corantes (LABCOR), na Faculdade de Engenharia Química (FEQ) – UFPA. No laboratório, os frutos foram higienizados com solução de cloro ativo 150 mg/L conforme recomendado por Andrade e Macêdo (1996). E as partes deterioradas foram removidas e descartadas, e em seguida armazenados em freezer a -18°C.

(a) Fruto inteiro e partido no eixo transversal; (b) Polpa do fruto; (c) suco da polpa da pitaya. FONTE: Autor

Figura 7 - Matéria prima

3.2 – METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.2.1 – Extração de suco da pitaya

Os frutos foram descongelados de acordo com a necessidade de cada análise, em seguida foram descascados e cortados. As sementes e a polpa foram separadas e pesadas em balança eletrônica (marca BEL ENGINEERING, modelo M214A, com precisão de 0,1g), a polpa foi filtrada e o suco obtido foi armazenado em um recipiente de vidro (frascos na cor âmbar) envolvido com papel alumínio e armazenado em geladeira.

3.2.2 – Caracterização do fruto e do suco da pitaya

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Engenharia Química (FEQ)´- UFPA

As características físicas do fruto determinadas foram: Diâmetro longitudinal e transversal do fruto (cm) medidas com um paquímetro manual; Massa do fruto e da polpa (g) medidas em balança eletrônica marca BEL ENGINEERING, modelo M214A; Espessura da casca também verificada com um paquímetro manual.

O suco da pitaya foi caracterizado em relação à cor (medida em colorímetro triestímulo, marca Minolta, modelo CR 310, no sistema CIE L*a*b*), pH e em relação a quantificação de Betalaínas (Betacianina e Betaxantina) As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais (LABCOR), Faculdade de Engenharia Química (FEQ) – UFPA.

3.2.2.1 – Análise físico-química do fruto de pitaya

- Umidade: o método utilizado o da secagem em estufa com circulação de ar a 105 °C, que se baseia na remoção da água por aquecimento. As amostras foram colocadas em cadinhos de alumínio, com massas previamente determinadas. Após o tempo necessário, os cadinhos contendo as amostras foram, então, resfriados à temperatura ambiente, em dessecador, tendo sua massa novamente determinada. Os cadinhos retornaram à estufa e este procedimento foi repetido até a obtenção de massa constante. Foi calculada, então, a porcentagem de umidade nas amostras, segundo o método nº 972.20 da AOAC (1997).

- Cinzas: as amostras foram carbonizadas e posteriormente calcinadas em forno mufla da marca FORNITEC-Ind. e Com. LTDA, modelo 2017 a 550 °C até peso constante, segundo método n° 940.26 da AOAC (1997).

- pH: determinado segundo método nº 981.12 da AOAC (1997), com auxílio de medidor de pH modelo 201 e eletrodo PE - 11, marca LT Lutron.

- Sólidos solúveis totais: realizado de acordo com o método refratométrico pela leitura direta dos graus Brix da amostra a 20 °C em refratômetro digital de bancada da marca INSTRUTHERM, modelo RTD-45, segundo método n° 932.12 da AOAC (1997).

3.2.3 – Característica da Cor

As cores foram determinadas utilizando um colorímetro Color Reader (*Konica Minolta brand, model CR 10, Japan*). Os resultados foram expressos no sistema CIE L*a*b* de cor, onde L* representa a luminosidade da amostra variando de 0(preto) a 100 (branco), a* representa a intensidade do vermelho variando de -a* (verde) para +a* (vermelho), e b * representa a intensidade do amarelo variando de -b* (azul) a +b* (amarelo). Croma (C), que indica a intensidade da cor, foi calculada de acordo com a Equação (3) e a ângulo de tonalidade (H°) foi calculado usando a Equação (4). H° valores variam de 0°/360 ° (vermelho puro), 90 ° (amarelo puro), 180° (verde puro) a 270° (azul puro) (Lee et al., 2013).

$$\mathrm{C} = (\mathrm{a}^{*2} + \mathrm{b}^{*})^{\,1/2} \qquad (3)$$

$$\mathrm{H}^{\circ} = \arctan\left(\frac{\mathrm{b}^{*}}{\mathrm{a}^{*}}\right) \qquad (4)$$

3.2.4 - Teor de Betacianina e Betaxantina

Para a identificação, utilizou-se um espectrofotômetro (Beckman, EUA) equipado com um software de UV WinLab. Os pigmentos foram extraídos utilizando a solução de McIlvaine (pH 6,5, cítrico-fosfato) e água, de acordo com Castellanos-Santiago e Yahia (2008). Foi utilizado a solução, para a comparação do ph em relação da água.Cem microlitros da amostra do suco de pitaya foi diluído em 3,9 ml de tampão de McIlvaine e o mesmo ocorreu para a água, a absorbância para as amostras foram verificadas a 537 e 480 nm para a identificação das betacianinas e betaxantinas, respectivamente. O teor de betacianina e betaxantinas foi calculado de acordo com equação (5).

$$BC\ mgL^{-1} = \frac{A(MM)1000(FD)}{L.\xi} \qquad (5)$$

Onde A é o valor de absorção correspondente ao máximo de absorção de 537 ou 480 nm para betacianinas e betaxantinas respectivamente; DF é o fator de diluição;

L é o comprimento do percurso ótico da cubeta (1cm); MM é a massa molecular para betacianinas (550 $g.mol^{-1}$) e para betaxantina (309 $g.mol^{-1}$); ε Coeficiente de extinção molar 60000 e 48000 L mol^{-1} cm^{-1} em H_2O para betacianinas e betaxantina respectivamente.

3.2.5 – Estabilidade do suco de pitaya

As amostras foram inseridas em 15 tubos de ensaio com presença de oxigênio com adição de 2 mL do conservante, 15 tubos de ensaio com oxigênio reduzido, sendo esse tubos, vedados com plástico filme,com adição de 2 mL de conservante e 15 tubos de ensaio com oxigênio reduzido, sem luz e com adição de 2 mL do conservante, para cada luminosidade. Os tubos de ensaio foram preenchidos com 5 mL de amostra mais 2 mL do conservante. As amostras armazenadas ao abrigo de luz foram envolvidas com papel alumínio para evitar contato com luz.

Os tubos de ensaio contendo as amostras foram armazenados em câmaras de luz, com lâmpadas de LED com potências de 3,0, 6,5 e 12 W, que correspondem às intensidades luminosas de 174, 348 e 562 Lux, respectivamente a temperatura média de 31 °C, e, posteriormente, foram realizadas leituras diárias da concentração de betacianina e betaxantina (absorbância), da cor e pH. As câmaras contendo as luzes foram construídas de forma manual.

3.2.5.1 - Cinética de degradação da estabilidade de betacianina

O estudo da estabilidade da concentração de betacianina do corante de pitaya(suco) obtido da polpa do fruto, foi realizado frente a um dos fatores de influência degradativa, a luminosidade. As amostras com presença de oxigênio e adição de conservante, oxigênio reduzido e adição de conservante e com oxigênio reduzido ao abrigo de luz e adição de conservante, foram analisadas com o objetivo de estabelecer a cinética de degradação do corante. Pode-se estimar, assim, a ordem aparente da reação, a constante de velocidade da reação de degradação do corante (k) e o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$).

Foram testados três modelos de ordem da reação na predição dos dados de degradação do corante de pitaya, mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Modelos Matemáticos

Ordem de reação	Modelos
Ordem zero	$C = C_0 - kt$
Primeira ordem	$C = C_0 e^{-kt}$
Segunda ordem	$C = \frac{1}{K.T + \frac{1}{C0}}$

C = concentração final; C0 = concentração inicial; k = constante; t = tempo.

Os critérios utilizados para avaliar o modelo cinético de reação foram: coeficiente de determinação (R^2), análise do gráfico em 2 dimensões (pontos experimentais e curva representativa do modelo), análise de resíduos (faixa e distribuição) e o desvio relativo médio (DMR), calculado pela Equação 6. E o erro médio (ES), calculado pela equação 7. Segundo Lomauro, Bakshi e Labuza (1985), um valor de DMR<5% corresponde a um bom ajuste da equação aos dados experimentais.

$$\text{DMR} = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^{n} \frac{|y - y'|}{y'} \quad (6)$$

$$es = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n} (y - y')}{df}} \quad (7)$$

Em que, n representa o número de experimentos; y e y' são os valores experimentais e preditos, respectivamente e df é o grau de liberdade

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO FRUTO E DO SUCO DE PITAYA

As análises físicas do fruto da pitaya utilizada para a extração do suco é mostrada na Tabela 5.

Tabela 5: Resultados das análises físicas realizadas no fruto da pitaya

Analises Físicas	**Resultados ***
Diâmetro Longitudinal (cm)	7,89 ± 0,43
Diâmetro transversal (cm)	7,34 ± 0,43
Massa do fruto (g)	420,56 ± 0,04
Massa polpa (g)	317,56 ± 0,03

* média (triplicata) ± desvio padrão
(1) PINTO et al. (2010)
(2) ESQUIVEL et al. (2007a)
(3) NERD e MIZRAHI (1997)

De acordo com PINTO et al. (2010) e ESQUIVEL et al.(2007a), para a espécie *Hylocereus polyrhizus,* encontram-se valores de diâmetro longitudinal e transversal na faixa de 7 a 8 cm. Para este trabalho foi encontrado valores dentro da faixa dos trabalhos citados, para diâmetro longitudinal de 7,89 cm e transversal de 7,34 cm.

NERD e MIZRAHI (1997) citam que o peso médio da pitaya de espécie *Hylocereus undatus* pode estar entre 350 e 450 g. Neste trabalho obteve-se o peso do fruto de 420,56 g e massa da polpa de 317,56 g

O parâmetro da cor, croma e ângulo de tonalidade da polpa e do suco do fruto da pitaya, são visualizados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados da análise colorimétrica realizada na polpa e no suco da pitaya.

Parâmetros da cor	Polpa*	Suco*	Suco com conservante*
L*	30,96 ± 0,01	13,00	12,4
a*	11,73 ± 0,01	16,33	13,6
b*	0,85 ± 0,01	4,6	4,3
c*	69,15	16,965	14,263
H°	13,77	15,73	17,54

* média (triplicata) ± desvio padrão
(1) SATO et al. (2014)

De acordo com os resultados obtidos para coordenada a*, 11,73; e b*,0,85; da polpa, os valores se enquadram na faixa de trabalho citado, sendo a* na faixa de 7 – 15 b* na faixa de 1 – 2. O suco normal e o suco com conservante apresentaram 16,33 e 13,6, respectivamente para coordenada a* e para sistema CIE L * a * b * de cor, com base nos valores dos parâmetros a* e b*, que apresentaram valores positivos, em que a cor pode ser descrita como um vermelho púrpura intenso.coordenada b* 4,6 e 4,3, respectivamente.

De acordo com SINTZING et al.(2004) em seu trabalho com o fruto *Hylocereus polyrhizus*, os pigmentos mais importantes encontrados foram as betacianinas (vermelho-violeta) e as betaxantinas (amarelo), assim como, no presente trabalho.

Já para a luminosidade (L *) os resultados expressam uma coloração que tende ao escuro. O croma (C) e o ângulo de tonalidade (H°) são diretamente ligados aos valores de a* e b*, sendo a variável a* que influenciou mais para as respostas, pois apresentou valores mais altos. A análise do croma (C) tendeu ao escuro e o ângulo da tonalidade (H°) resultou ao vermelho, pois o sistema CIELAB diz que quanto maior o ângulo da tonalidade mais amarelo é o material.

As análises físico-químicas do fruto e do suco da pitaya são visualizadas na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados das análises físico-químicas realizadas na polpa e suco da pitaya

Item analisado	Polpa	Suco
Umidade (%, wet basic)	84,87±0,02	-
Sólidos solúveis (°Brix)	10,8±0,07	11, 37±0,04
Cinzas (%)	0,59±0,02	-
pH (25°C)	4,45±0,01	4,08±0,01
Betacianina (g)	0,25±0,02	9,91±0,01

*média (triplicata) ± desvio padrão

Os valores de pH encontrados para a polpa e o suco, 4,45-4,08, respectivamente, esses valores apresentaram-se de acordo com a literatura, dados semelhantes foram encontrados por (Esquivel et al., 2007) que trabalhou com a espécie *Hylocereus polyrhizus* e (Sato et al.,2010) com a espécie *Hylocereus costaricensis* obteve pH entre 4,75 – 4,02.

Os sólidos solúveis foram encontrados valores de 10,8° Brix para a polpa e 11,37 ° Brix para o suco. Para (Garcia-cruz et. al.,2013) obteve (9.3ºBrix) trabalhando com a espécie *Stenocereus pruinosus* e (Sato et al.,2014) obteve entre 10,13 - 12,17 ° Brix.

Para a umidade, a polpa de pitaya utilizado mostrou um alto valor 84,87% valor similar ao obtido por (Vaillant et al.,2005) 82-88%, (García-Cruz et. al.,2013) 87,1% e Abreu et ai. (2012) 85,52%, o resultado esperado uma vez que a água pode representar até cerca de 96% do peso total da amostra das frutas e legumes (SIKORSKi, 2007).

A cinza obtido foi de 0,59, sendo um valor inferior ao encontrado por (Garcia-cruz et. al.,2013) e superior ao encontrado por (OLIVEIRA et al.,2010) com a espécie *Hylocereus polyrhizus*.

Os resultados da caracterização física apresentados foram compatíveis aos da literatura. No entanto, alguns resultados referentes à caracterização físico-química apresentaram diferenças observadas entre os valores expostos neste trabalho e na literatura, essas diferenças podem estar relacionadas às características intrínsecas de cada material, temperatura ambiente, variedade de espécies, metodologia adotada para as análises ou até mesmo erros experimentais.

4.2 – DETERMINAÇÕES DA CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DA BETACIANINA

Para as soluções de leitura de absorbância, tanto da betacianina quanto da betaxantina, neste trabalho foram utilizadas a água e a solução de McIlvaine, como citado no item 3.2.4. Os valores para os teores de betacianina que é o pigmento que atribui à cor vermelha púrpura, apresentaram-se maiores na leitura com água. Por esse motivo os valores utilizados para a modelagem matemática dos dados foram os lidos em água. Os valores para a solução de McIlvaine, são mostrados no Apêndice B.

Nas Tabelas 8, 9 e 10 têm-se os resultados dos valores da concentração de betacianina e betaxantina em função do tempo de exposição do corante de pitaya, em relação as suas variáveis e luminosidade nas lâmpadas de 3,0, 6,5 e 12 W

Tabela 8: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com de oxigênio + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo

Luminosidade						
Tempo (dias)	**Betacianina ($g\ L^{-1}$)**			**Betaxantina ($g\ L^{-1}$)**		
	3,0W	**6,5W**	**12W**	**3,0W**	**6,5W**	**12W**
0	3,35	8,84	10,18	2,35	2,95	3,36
1	2,29	2,3	1,57	1,1	1,05	0,83
2	1,85	1,99	1,74	1,06	1,15	0,97
3	1,5	1,8	1,44	0,94	1,12	0,88
4	1,68	1,83	1,56	0,01	1,22	1,06
5	1,44	1,97	2,05	1,03	1,68	1,69
6	1,49	2,23	2,27	1,27	2,15	1,93
7	1,54	2,26	2,23	0,97	2,33	2,04
8	1,54	2,1	1,93	1,27	2,19	1,8
9	1,93	2,66	2,14	1,62	2,81	2,01
10	2,37	3,42	2,89	2,8	3,84	2,78
11	3,63	3,33	2,74	4,2	3,83	3,06
12	3,4	2,81	2,28	4,26	3,12	2,69
13	3,42	2,38	2,17	4,41	2,58	2,68
14	3,58	1,87	2,99	4,61	2,1	3,27
15	3,59	4,42	4,76	4,65	4,56	5,24

Tabela 9: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com de oxigênio reduzido + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo

Luminosidade						
Tempo (dias)	**Betacianina ($g\ L^{-1}$)**			**Betaxantina ($g\ L^{-1}$)**		
	3,0W	**6,5W**	**12W**	**3,0W**	**6,5W**	**12W**
0	1,61	8,52	5,01	0,02	2,9	1,8
1	1,39	2,11	2,51	0,77	1,01	1,19
2	1,08	1,71	1,99	0,65	1,6	1,11
3	1,21	1,92	1,87	0,68	1,21	1,1
4	1,56	1,61	1,58	0,95	1,08	0,99
5	1,24	1,93	1,86	0,78	1,73	1,42
6	2,7	1,61	1,67	1,06	1,36	1,23
7	1,7	1,73	1,58	0,76	1,56	1,49
8	1,4	1,53	1,62	0,83	1,33	1,49
9	1,45	1,53	1,61	1,1	1,4	1,53
10	1,65	1,53	1,81	1,81	1,42	1,78
11	1,56	1,71	1,79	1,36	1,77	1,76
12	1,43	1,63	1,32	1,31	1,61	1,34
13	1,89	1,52	1,34	1,68	1,27	1,28
14	2,64	1,32	1,45	2,24	1,03	1,23
15	2,75	1,68	1,29	2,33	1,32	1,04

Tabela 10: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo.

	Luminosidade					
Tempo (dias)	**Betacianina ($g\ L^{-1}$)**			**Betaxantina ($g\ L^{-1}$)**		
	3,0W	**6,5W**	**12W**	**3,0W**	**6,5W**	**12W**
0	1,55	9,25	8,72	1,31	3,06	2,87
1	1,54	2,16	2,68	0,78	1,06	1,22
2	1,44	1,54	1,89	0,84	0,84	1,03
3	1,35	1,56	2,14	0,84	0,88	1,15
4	1,55	1,6	2,14	0,99	1,04	1,19
5	1,33	1,52	1,62	0,87	0,99	1,15
6	1,38	1,55	1,68	1,03	1,21	1,07
7	1,04	1,67	1,37	0,78	1,4	1,07
8	1,59	1,62	1,17	1,24	1,39	1,52
9	1,52	1,52	1,27	1,28	1,34	0,97
10	2,51	1,4	1,22	2,81	1,22	0,9
11	2,01	1,1	1,63	2,02	1,02	1,33
12	1,7	1,43	1,21	1,62	1,26	1,06
13	1,54	1,82	1,51	1,61	1,71	1,24
14	1,46	1,91	1,12	1,58	1,73	1,04
15	1,43	1,75	1,6	1,52	1,41	1,38

Complementando os resultados mostrados nas tabelas acima, as Figuras 8,9 e 10, visualiza - se a degradação da betacianina, e a concentração da betaxantina, na lâmpada 3,0W em análise em água.

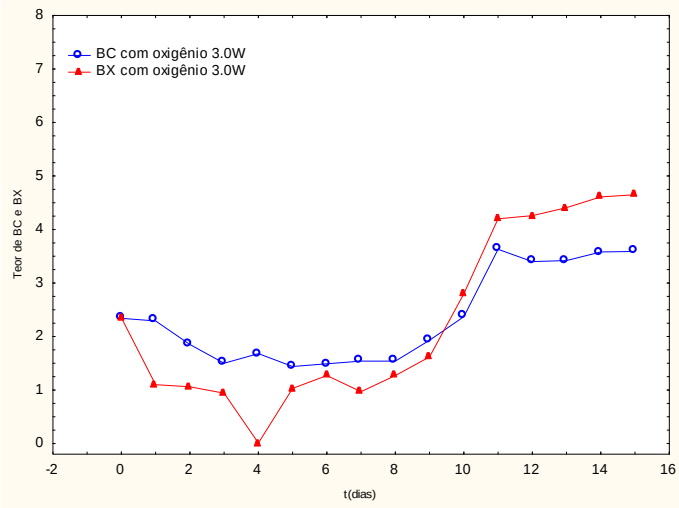

Figura 8 - Valores da betacianina em análise com oxigênio + conservante, na presença de luz, lâmpada de 3,0W.

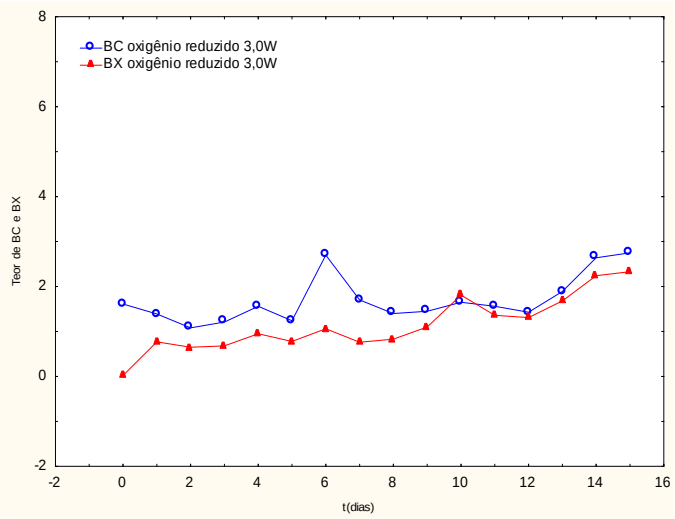

Figura 9 - Valores da betacianina em análise com oxigênio reduzido + conservante, na presença de luz, lâmpada de 3,0W.

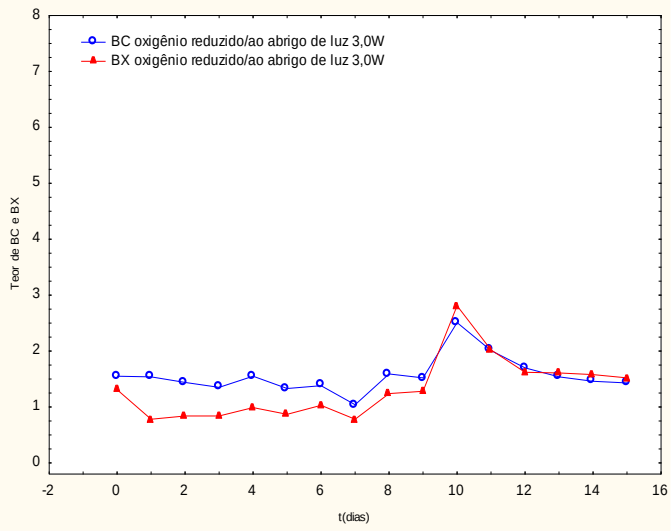

Figura 10 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz, lâmpada de 3,0W.

Nas Figuras 11,12 e 13, visualiza – se a degradação da betacianina, e a concentração da betaxantina, lâmpada 6,5W, em análise em água.

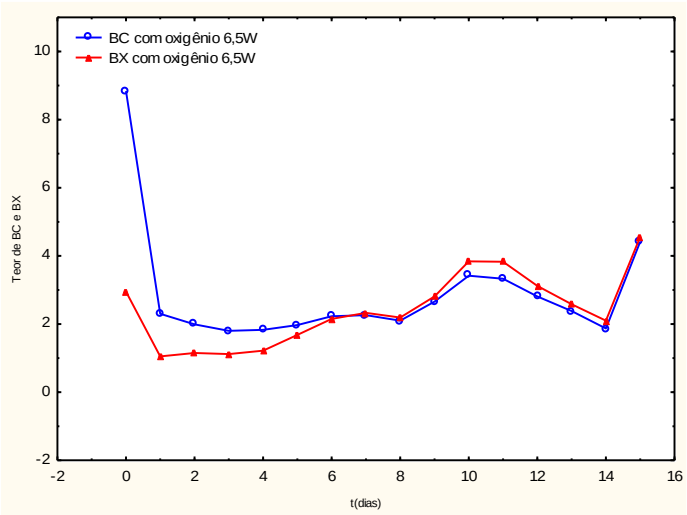

Figura 11 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio + conservante, lâmpada de 6,5W.

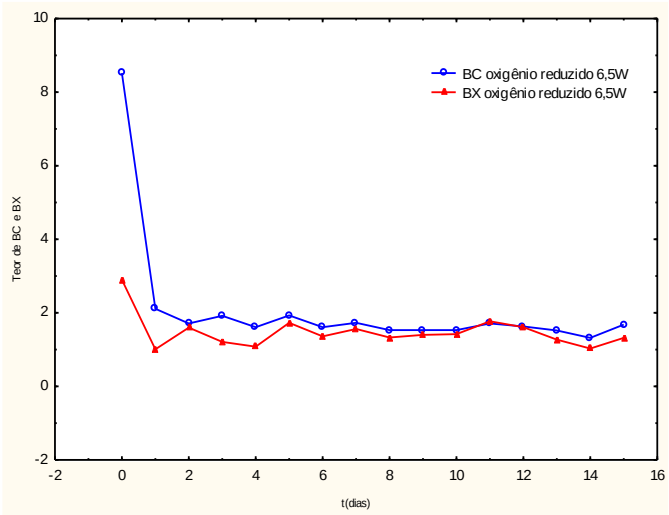

Figura 12 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante, lâmpada de 6,5W.

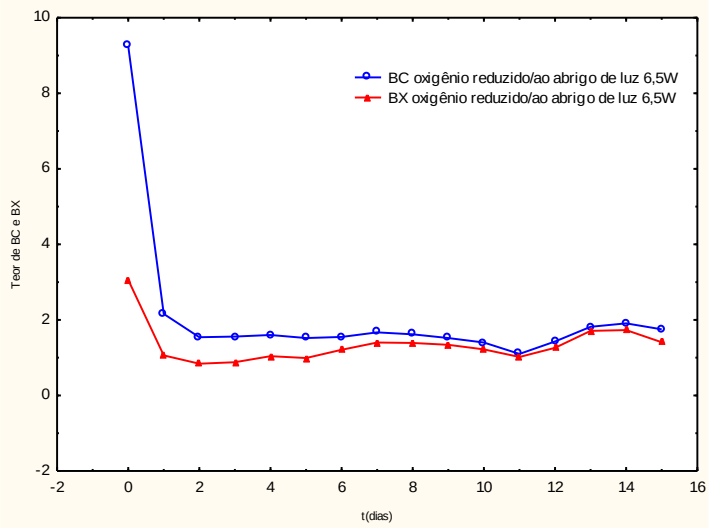

Figura 11 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz, lâmpada de 6,5W

Nas Figuras 14,15 e 16, visualiza – se a degradação da betacianina, e a concentração da betaxantina, na lâmpada 12W, em análise em água.

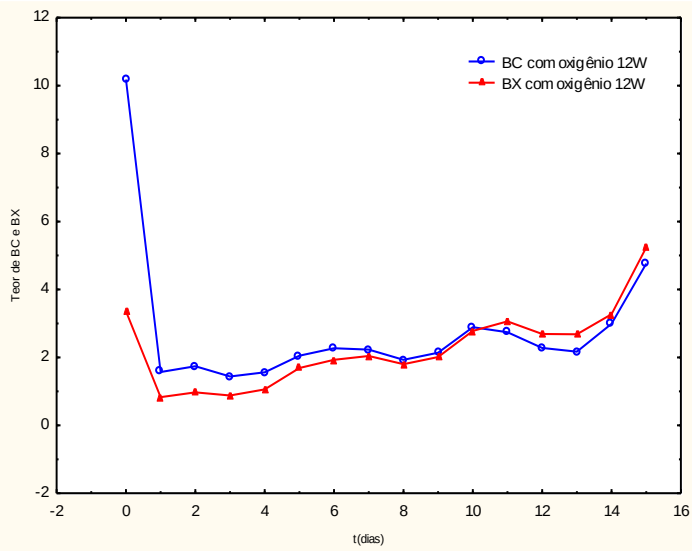

Figura 12 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio+ conservante, lâmpada de 12W.

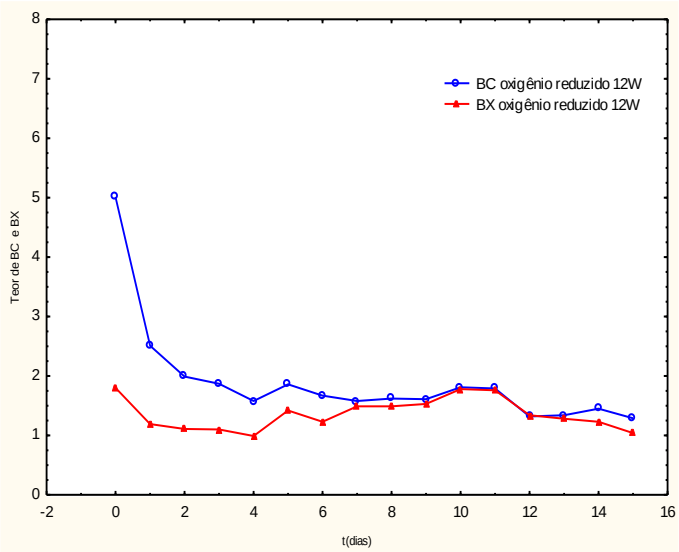

Figura 13 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante, lâmpada de 12W.

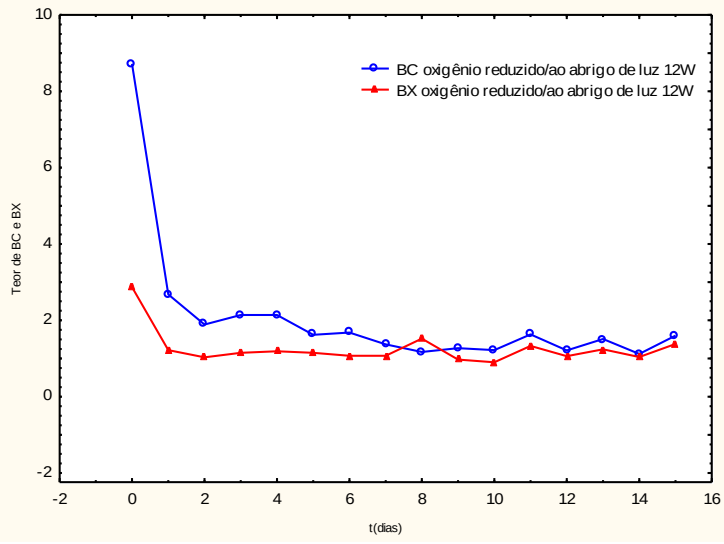

Figura 14 - Valores da betacianina e betaxantina em análise com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz, lâmpada de 12W.

Yizhong,1998 e rebecca et al.,2008, observaram em seus experimentos, que há degradação da betacianina quando, este é exposto a uma luminosidade e também na presença de oxigênio.

As Tabela 9 a 10, apresentam os resultados da concentração do corante de pitaya ao longo do período de exposição a diferentes condições de luminosidade. Dando ênfase a esses valores encontrados neste estudo e o resultado encontrado no trabalho citado. As luminosidades produzidas pelas lâmpadas com as potências de 6,5 e 12 W (Figura 11 a 16), observa-se que há um diminuição na concentração de betacianina acentuada nas primeiras 24 horas após o início do experimento, seguida de uma fase de flutuações, que se estende até o fim, para 12W com oxigênio e oxigênio reduzido. E até o 10° dia para 6,5 W, em que depois houve uma diminuição e um pequeno aumento. Para 3,0W apesar de ter sofrido flutuações, essas amostras mostraram - se mais estáveis.

As flutuações sofridas pelas amostras em sua estabilidade, pode ter ocorrido devido à interferencias no experimento que podem ter ocasionado esses fatores. E levando em conta o uso de conservante, talvez tenha proporcionado um aumento na estabilidade e resistência do corante. Porém, a concentração de betaxantina aumentou em todas elas, o que era de se previsto, já que a concentração de betacianina diminuiu.

No caso do comportamento, diante da luminosidade proporcionada pela lâmpada de 3,0 W, visualizada na Tabela 8 e Figura 8 a ‘ 10, não houve uma diminuição acentuada nas primeiras 24 horas, porém observa-se um aumento acentuado na concentração de betacianina no 10°, 6° e 10° dia, na presença de oxigênio, oxigênio reduzido e oxigênio reduzido/ao abrigo de luz, respectivamente.

A degradação observada para a lâmpada de 6,5 W foi de 50%; 80,26%, 81.09%, na presença de oxigênio, oxigênio reduzido e oxigênio reduzido/ao abrigo de luz, respectivamente. Para 12W foi de 53,25%; 74,25% e 81,66%, na presença de oxigênio, oxigênio reduzido e oxigênio reduzido/ao abrigo de luz.

Portanto, durante o experimento pode-se observar que houve degradação do teor de concentração de betacianina com o aumento da luminosidade em relação ao oxigênio e temperatura.

Determinou-se a ordem aparente da reação e a constante de velocidade de degradação por meio dos resultados do ajuste dos modelos da Tabela 11. Também foi determinada ainda o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) através das equações contidas na Tabela 3.

Os resultados dos parâmetros dos modelos matemáticos de ordem zero, primeira ordem e segunda ordem, podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11: Valores dos parâmetros dos modelos matemáticos

Testes	Ordem	C_0(g)	K (h^{-1})	R^2	DMR (%)	ES	Resíduos
Ao abrigo de luz							
	0	1,43	-0,02	0,25	0,0078	0,00033	
Oxigênio reduzido	1	1,44	-0,01	0,25	0,00093	0,00004	A
3,0W	2	1,44	-0,007	0,24	0,017	0,00074	
	0	3,39	0,17	0,43	9,06	0,33	
Oxigênio reduzido	1	8,91	0,96	0,65	-	-	A
6,0W	2	8,90	0,15	0,87	0,98	4,21	
	0	3,68	0,21	0,56	18,86	0,80	
Oxigênio reduzido	1	6,03	0,024	0,73	171,21		
12W	2	8,31	0,118	0,91	1,17	2,30	A
Presença de luz							
	0	1,59	-0,02	0,57	1,13	0,048	
Com oxigênio 3,0w	1	1,52	-0,01	0,64	2,47	0,105	A
	2	1,58	-0,0024	0,68	2,15	0,092	
	0	3.32	0,06	016			
Com oxigênio 6,5W	1	3,54	0,03	0,19	0,96	0,041	A
	2	4,91	0,026	0,27	0,12	0,54	
	0	3,24	0,06	0,13	0,36	0,015	
Com oxigênio 12W	1	3,59	0,03	0,16	2,01	0,086	A
	2	9,10	0,096	0,45	1,22	5,21	
	0	1,24	-0,06	0,55	0,17	0,0072	
Oxigênio reduzido	1	1,24	-0,04	0,58	0,43	0,018	A
3,0W	2	1,24	-0,025	0,60	0,88	0,037	
	0	3,41	0,17	0,48	6,57	0,28	
Oxigênio reduzido	1	4,80	0,15	0,61	53,17	1,85	A
6,5W	2	7,97	0,120	0,84	0,71	3,06	
	0	2,78	0,12	0,64	1,67	0,071	
Oxigênio reduzido	1	3,15	0,08	0,16	4,60	0,19	A
12W	2	3,95	0,053	0,81	0,10	0,44	

Tabela 12: Resultados do tempo de meia vida ($t_{1/2}$) em horas para cada modelo matemático.

Ambiente	**Segunda ordem ($t_{1/2}$ h)**
Com oxigênio + conservante 3,0W	1,14
Com oxigênio + conservante 6,5W	7,83
Com oxigênio +conservante 12W	-
Oxigênio reduzido + conservante 3,0W	-
Oxigênio reduzido + conservante 6,5W	1,04
Oxigênio reduzido + conservante 12W	4,77
Com oxigênio + conservante/ao abrigo de luz 3,0W	-
Oxigênio reduzido + conservante 6,5W	0,74
Oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz 12W	1,02

A tabela 12 mostra-nos os valores do tempo de meia-vida ($t_{1/2}$), em que o menor foi de ($t_{1/2}$) = 0,74 para a amostra com oxigênio reduzido na lâmpada 6,5W, e o maior, ($t_{1/2}$) = 7,83 h para amostra com oxigênio na lâmpada 6,5W. Sendo que matematicamente quanto maior o valor da constante (K), menor será o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$), visualizados na tabela 11 a 12.

A avaliação os resultados dos modelos propostos, foi realizada por meio da análise dos resíduos, em relação aos valores preditos e valores observados. E também pelos valores de R^2.

Tabela 13: Parâmetros do modelo de segunda ordem e parâmetros cinéticos da reação de degradação do corante de pitaya.

	Com 0_2			Com 0_2 reduzido			Com O_2 reduzido / ao abrigo de luz.		
	Segunda ordem			Segunda ordem			Segunda ordem		
Parâmetros	12 w	6,5w	3,0w	12w	6,5w	3,0w	12w	6,5w	3,0w
C_0 (g)	9,10	4,91	1,58	3,95	7,97	1,24	8,31	8,90	1,44
k x10^{-3} (h^{-1})	0,096	0,026	-0,0024	0,053	0,120	-0,025	0,118	0,15	-0,007
R^2	0,45	0,27	0,68	0,81	0,84	0,60	0,91	0,87	0,24
DMR (%)	1,22	0,12	2,15	0,10	0,71	0,88	1,17	0,98	0,017
ES	5,21	0,54	0,092	0,44	3,06	0,037	2,30	4,21	0,00074

As reações de ordem zero e primeira ordem apresentaram valores mais altos de resíduos e distribuição com comportamento sistemático, em questão de distribuição não-aleatória ou viciada, em torno do zero, ou seja, os resíduos não são independentes dos valores preditos, e nem dos valores observados e do tempo do experimento e também os correspondentes valores de R^2 que apresentaram valores baixos.

Na Tabela 13 e nas Figuras 17 a 19, tem – se os resultados do modelo de reação de segunda ordem, que melhor ajustou os dados experimentais da cinética de degradação estudada. Para as amostras com presença de oxigênio para as lâmpadas de 3,0W, 6,5W e 12W, o R^2 obtido foi de 0,68; 0,27; 0,45, respectivamente. Para oxigênio reduzido, 0,81; 0,84; 0,60, respectivamente. Para oxigênio reduzido ao abrigo de luz, 0,91; 0,86; 0,24.

Os desvios relativos médios (DMR) foram menores que 5% correspondendo a um bom ajuste do modelo proposto aos dados experimentais e apresentou menores valores de resíduos, contra os valores preditos e observados da concentração de betacianina, nas três luminosidades diferentes, e apresentou distribuição aleatória.

E bom resultado de normalidade. Visualizados nas Figuras 20 a 46. No apêndice, são mostrados os gráficos de resíduos e a normalidade dos modelos matemáticos de ordem zero e primeira ordem.

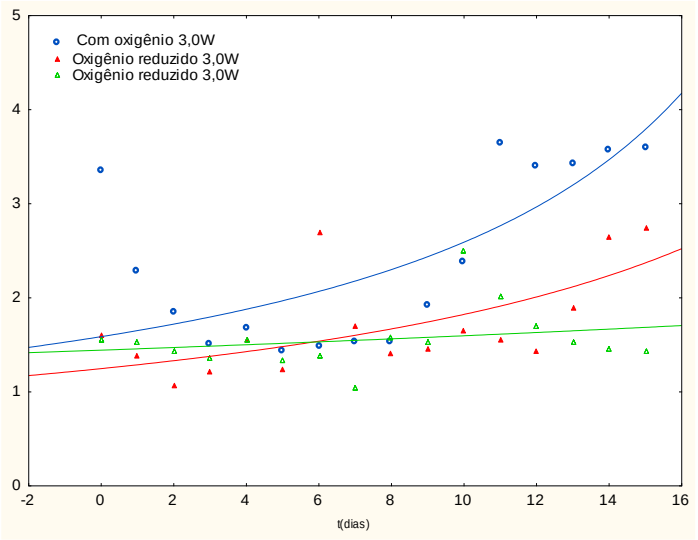

Figura 15 - Modelo de 2ª ordem de cinética de degradação, durante o tempo do experimento em dias, com o teor de concentração de betacianina, lâmpada 3,0W.

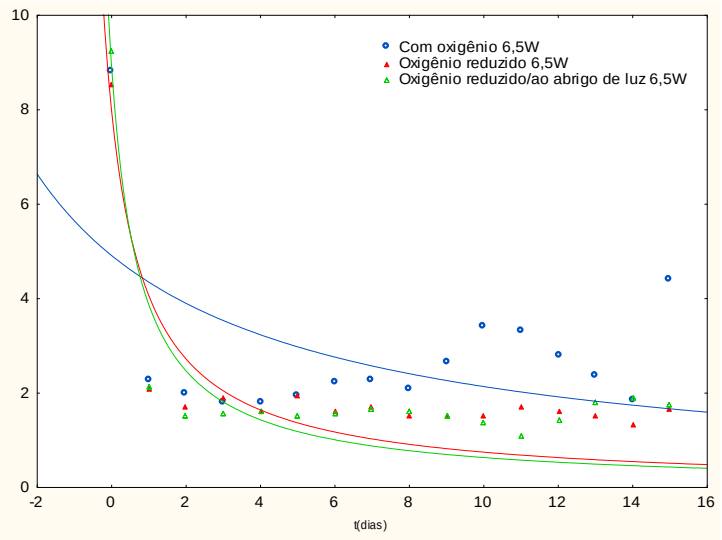

Figura 16 - Modelo de 2ª ordem de cinética de degradação, durante o tempo do experimento em dias, com o teor de concentração de betacianina, lâmpada 6,5W.

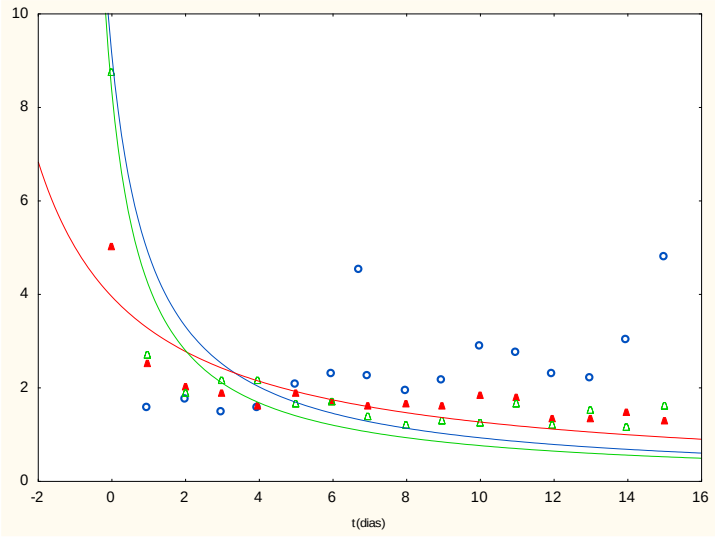

Figura 17 - Modelo de 2ª ordem de cinética de degradação, durante o tempo do experimento em dias, com o teor de concentração de betacianina, lâmpada 12W.

Os valores dos resíduos, contra os valores preditos, observados e a normalidade, da concentração de betacianina nas três diferentes luminosidades e variavéis, pode ser visualizadas nas Figuras 20 a 46.

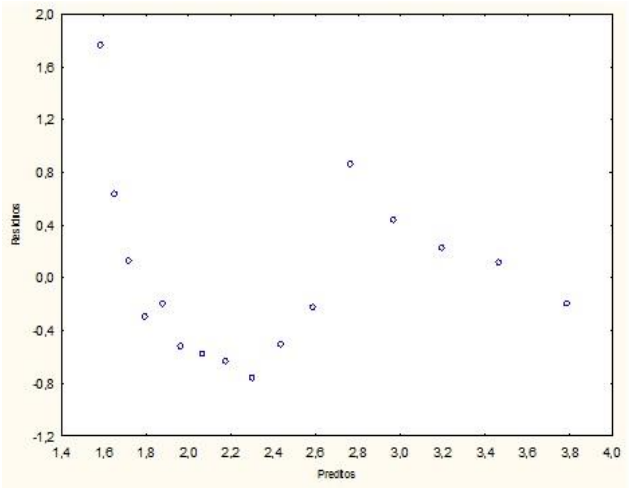

Figura 18 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante.

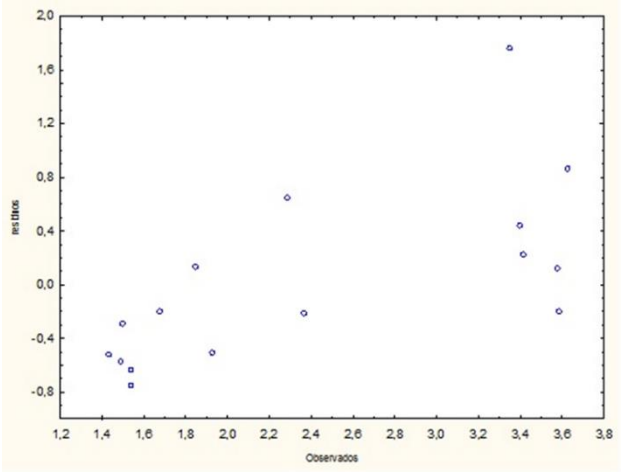

Figura 21 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante.

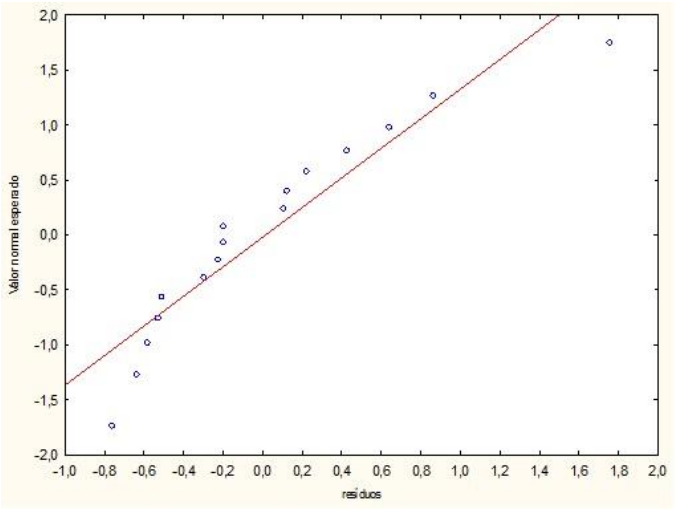

Figura 22 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante

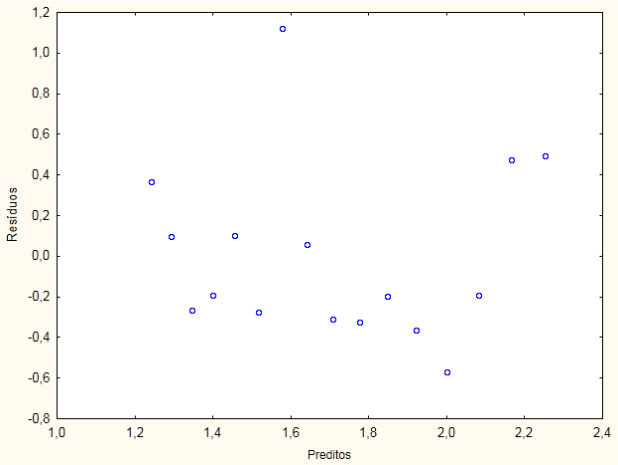

Figura 23 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante.

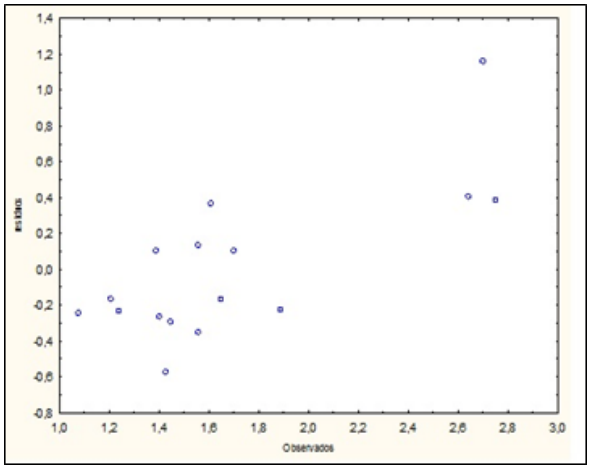

Figura 24 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante.

.

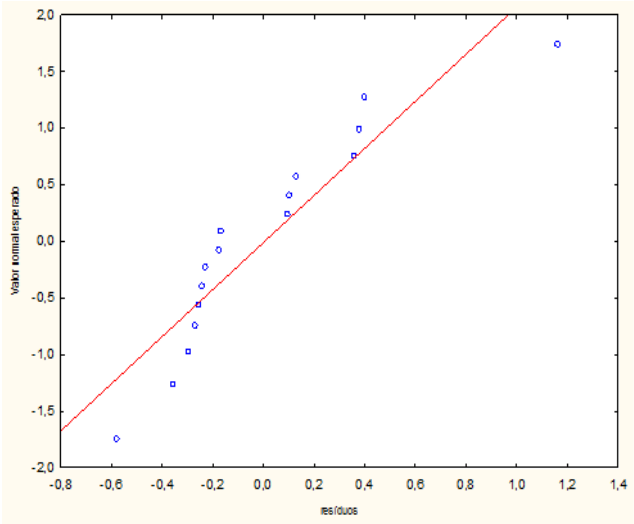

Figura 25 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante

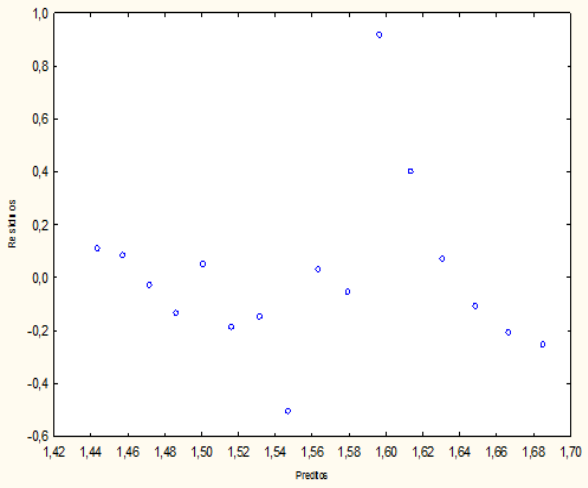

Figura 26 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz

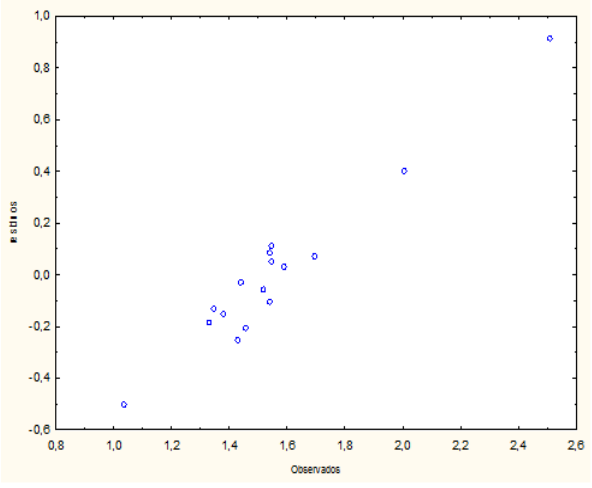

Figura 27 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz

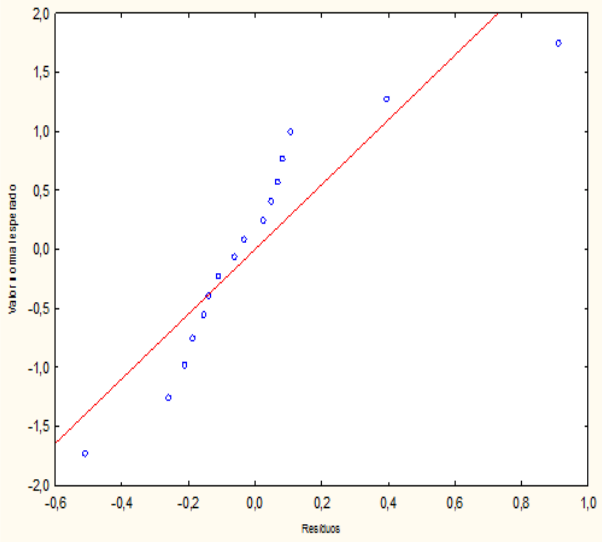

Figura 28 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz

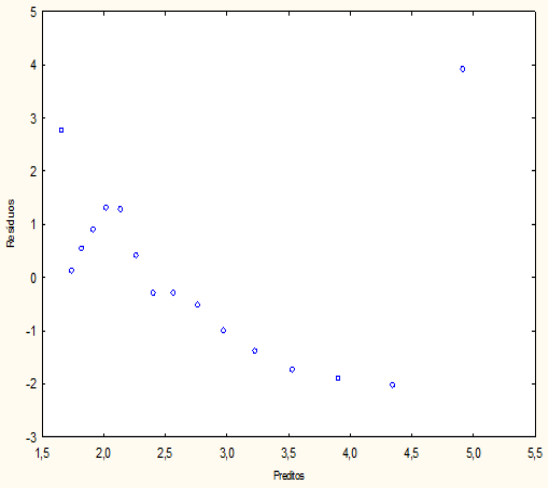

Figura 29 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante.

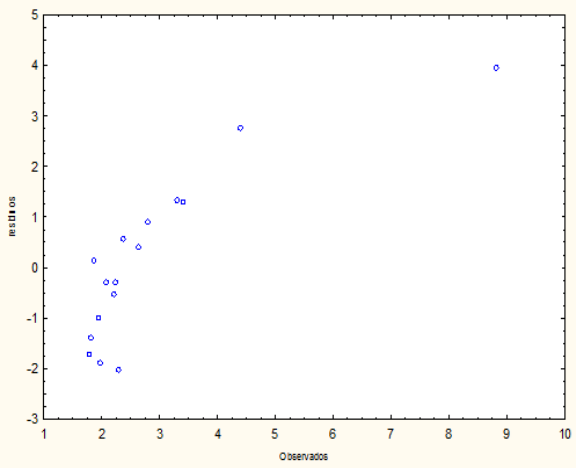

Figura 30 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante.

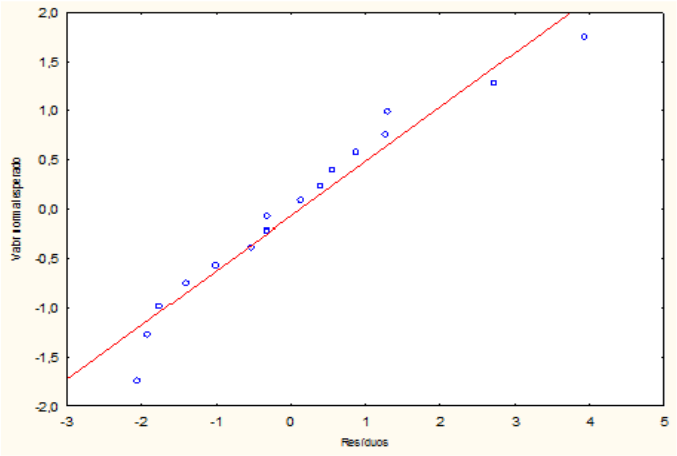

Figura 31 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante.

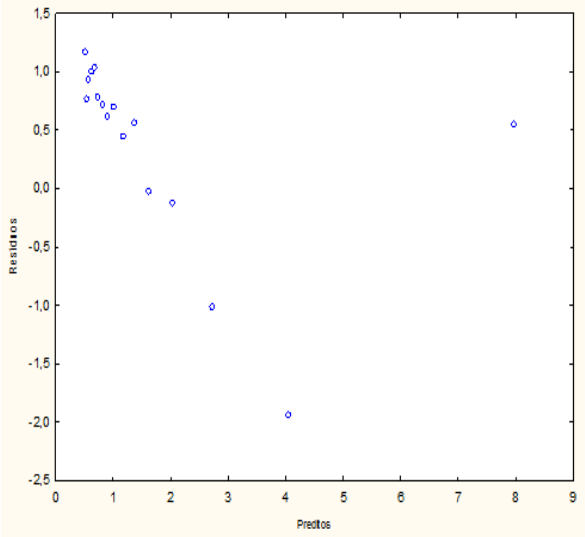

Figura 32 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante.

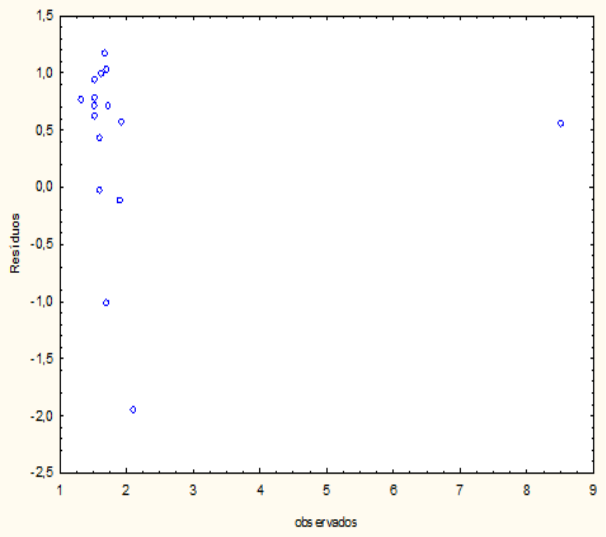

Figura 33 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante.

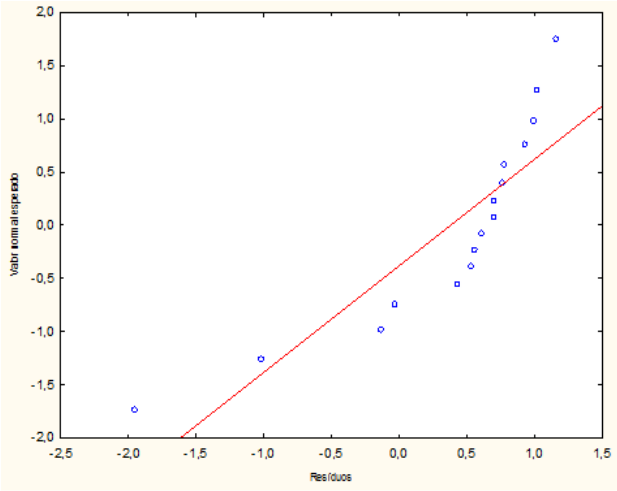

Figura 34 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante.

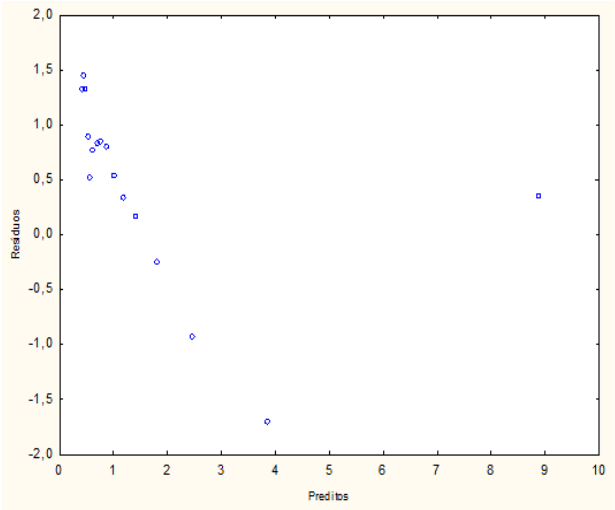

Figura 35 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.

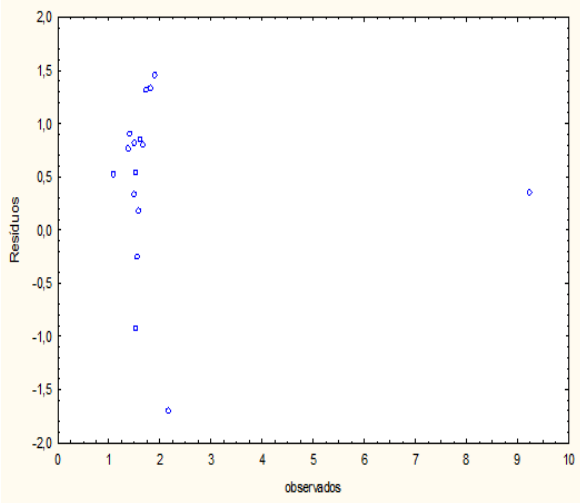

Figura 36 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.

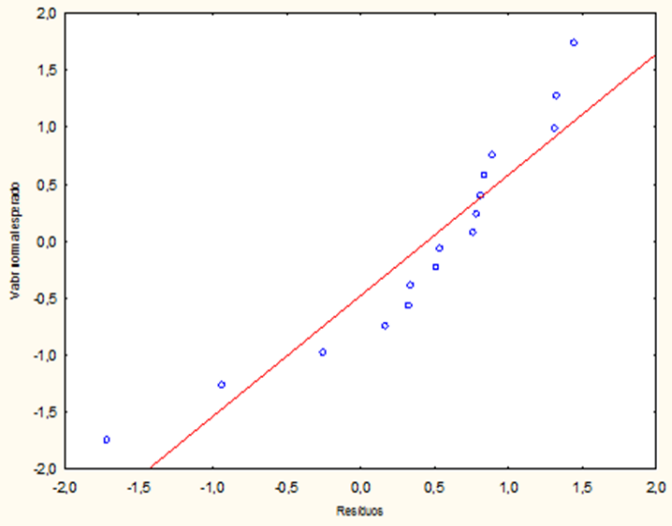

Figura 37 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.

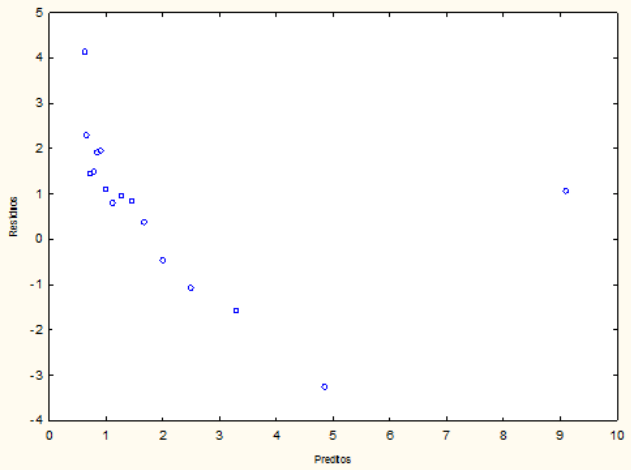

Figura 38 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio + conservante.

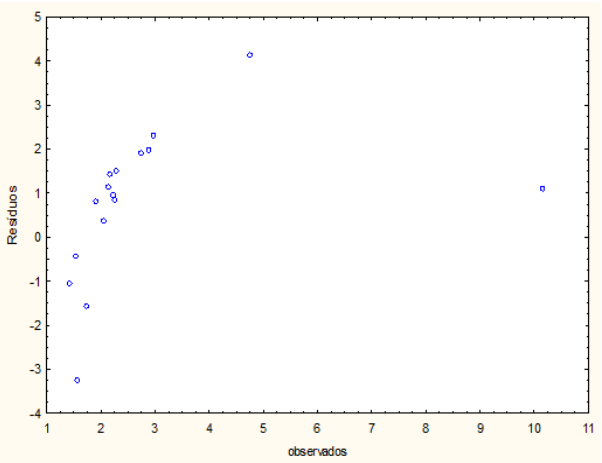

Figura 39 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio + conservante.

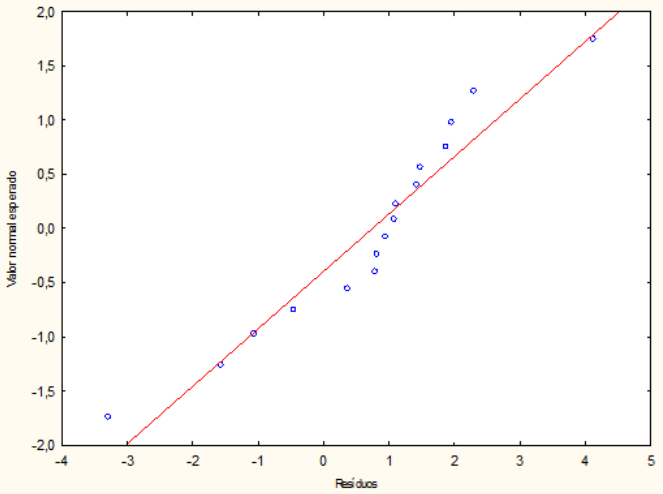

Figura 40 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio + conservante

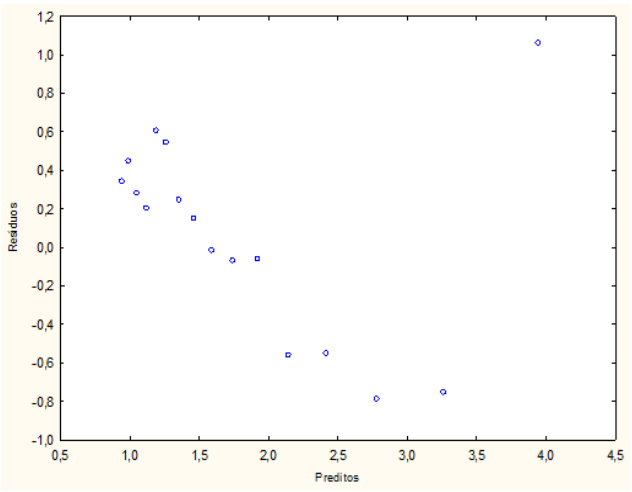

Figura 41 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante.

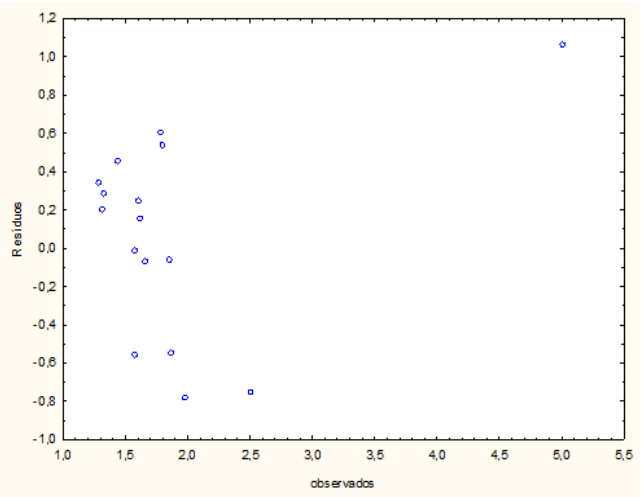

Figura 42 - Resíduos x observados do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante.

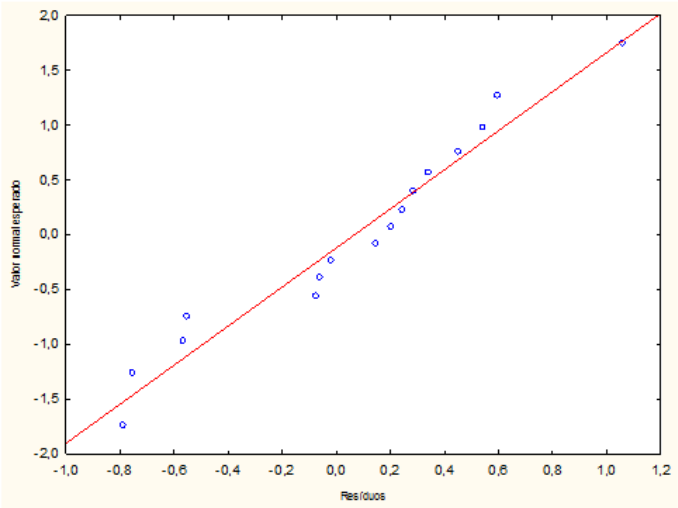

Figura 43 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante

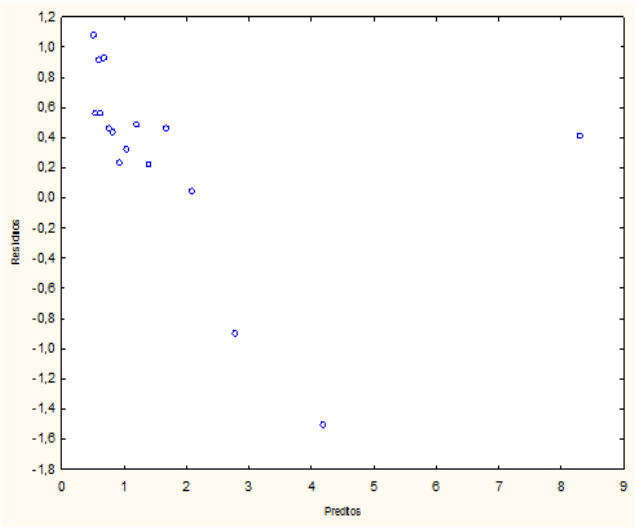

Figura 44 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.

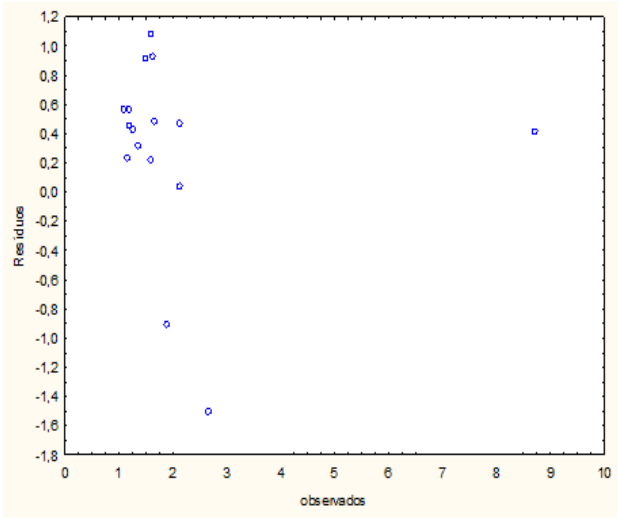

Figura 45 - Resíduos x preditos do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz.

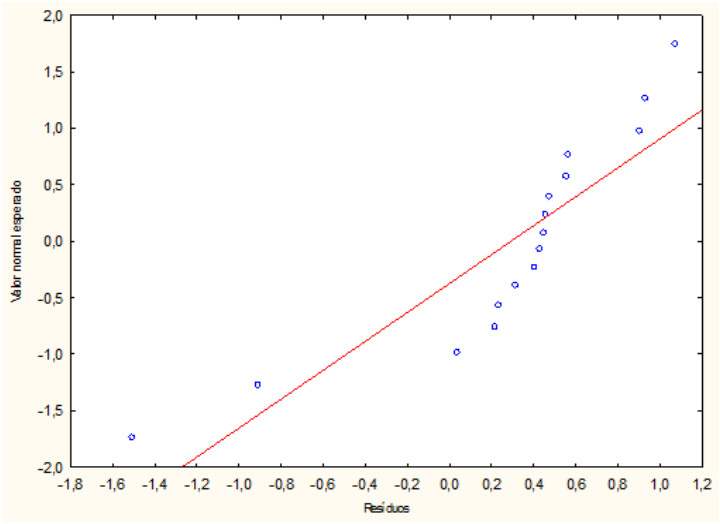

Figura 46 - Normalidade do modelo de 2ª ordem, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz

4.3 – DEGRADAÇÃO DA COR DO CORANTE DE PITAYA.

As leituras colorimétricas dos parâmetros L*, a* e b*, das lâmpadas 3,0W, 6,5W e 12W, podem ser visualizados nas Tabela 14 a 16.

Tabela 14: Resultados obtidos para os parâmetros de cor no estudo de estabilidade do suco de pitaya, 3,0W, coordenadas L*, a* e b*.

T(dias)	Ausência de luz			Presença de luz (3,0W)					
				Oxigênio			Com oxigênio		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	13,05	13,1	9,63	12,9	11,36	9,16	12,77	9,56	7,05
1	13,7	13,7	5,6	11,7	11,8	5,7	12,03	14,1	5,7
2	11,6	8,6	5,8	12,1	8,2	5,5	12,6	13,3	6,7
3	12,9	10,6	6,3	13,03	14,03	6,9	13,4	12,1	6,8
4	15,5	16,4	7,7	13,2	11,5	6,2	13,2	11,8	7,1
5	12,7	11,2	7,6	14,2	10,8	8,5	12,1	7,1	6,7
6	15,6	13,3	10,5	15,5	13,6	10,7	13,8	10,8	8,7
7	15,5	11,9	11,2	14,2	12,7	9	13	8,8	7,3
8	14,4	13,1	10,5	15	12,9	11,4	12	7,4	6,4
9	12,4	10,4	9,8	12,5	8,8	8,1	11,9	8,6	7,3
10	14,7	11,4	8,5	15,3	11,6	8,4	13,4	9,4	6,8
11	16,5	11,5	11,8	14,1	12,4	7,9	12,7	9,7	7,4
12	17,8	10,7	12,6	16,2	11,8	11,8	12,8	5	7,1
13	18,6	12,6	11,8	16	10,7	12,2	11,3	9,1	6,4
14	13,1	10,5	8,2	15,6	11,6	11,4	14,7	9,7	8,8
15	21,9	6,7	16,6	19,7	12,1	13,1	12,7	6,6	6,6

Tabela 15: Resultados obtidos para os parâmetros de cor no estudo de estabilidade do suco de pitaya, 6,5W, coordenadas L*, a* e b*.

T(dias)	Ausência de luz			Presenca de luz (6.5W)					
				Oxigênio			Com oxigênio		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	12,1	15,2	5,5	12,06	13,5	4,9	11,2	13,8	5,13
1	12,6	11,1	5,2	12,8	12,3	5,4	12,8	12,3	5,4
2	12,06	12,8	6,3	13,6	12,8	6,2	12,9	12,2	5,9
3	12,5	12,2	6,2	13,4	13,5	6,5	13,5	12,7	6,3
4	12,9	10,4	8,03	13,2	11,9	8,7	12	10,5	8,8
5	12,3	15	6,3	10,6	6,8	6,3	13	9,7	10,4
6	13,1	8,8	7,6	12,4	10,5	8,5	11,4	7,1	6,5
7	14,7	10,4	8,9	13,6	9,1	8,4	12,6	6,9	6,4
8	14,9	11,06	7,9	13,9	9,5	8,9	12,4	7,1	6,5
9	13,2	8,4	9,7	11,5	7,8	7,9	10,9	4,9	5,8
10	16,1	7,5	14,2	16,3	8,7	13,6	11,1	5,8	5,5
11	13,8	10,2	12,8	11,2	9,8	8,4	10,5	4,7	5,2
12	15,2	9,3	11,8	14,1	9,5	10,3	13,1	10,7	7,6
13	12,2	6,2	10,8	13,4	12,1	8,3	12,1	6,1	5,5
14	21,7	9,2	16,9	21,1	15,5	11,2	17,9	11,4	16,1
15	18,1	12,4	13,3	17,1	12,6	8,5	14,3	11,4	9,6

Tabela 16: Resultados obtidos para os parâmetros de cor no estudo de estabilidade do suco de pitaya, 12W, coordenadas L*, a* e b*.

T(dias)	Ausência de luz			Presenca de luz (12W)					
				Oxigênio			Com oxigênio		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	11,86	15,7	5,3	11,6	11,6	5,3	12,1	16,1	5,4
1	12,5	14,3	5,9	13,06	16.8	6,5	13,6	18,6	6,7
2	13,5	11,8	5,7	13,9	11,6	5,7	12,5	12,9	5,9
3	12,3	13,7	6,5	12,9	14,3	6,5	13,3	13,3	6,3
4	13,6	11,9	6,06	14	12,1	6,9	15,4	13,1	7,8
5	13,7	16,5	9,5	14	10,4	7,9	13,6	9,03	6,8
6	13,6	14,3	6,8	14,2	11,6	7,2	11,7	8,3	6,1
7	14,8	13,3	11,9	13	8,03	6,2	11,3	7,7	7,1
8	13,4	10,1	10,3	13,5	9,9	8,3	13,5	9,8	7,9
9	15,2	16,1	10,4	14,3	9,5	7,6	12,5	7,9	6,5
10	17,8	8,6	9,5	11,7	4,9	5,4	11,1	4,2	5,1
11	13,2	8,06	8,6	15,3	9,8	12,5	11,6	8,9	6,8
12	11,6	16,4	9,1	15,1	9,8	9,5	12,1	5,7	5,5
13	14,1	8,7	8,1	14,6	9,6	7,3	11,6	4,7	4,9
14	17,8	14,1	13,5	15,7	8,4	11,1	10,5	4,6	4,9
15	16,8	10,8	12,7	17,6	12,1	11,6	11,8	3,6	4,7

A coordenada L* (luminosidade) para a lâmpada 3,0W, como pode ser se visto na Figura 47, a luminosidade teve um pequeno aumento para amostras com oxigênio reduzido + conservante e oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz, enquanto que para a lâmpada com oxigênio + conservante, houve um pequena diminuição de luminosidade. Porém essas flutuações, em relação a luminosidade, ficaram mais claras.

A coordenada L* (luminosidade) para a lâmpada 6,5W, como pode ser se visto na Figura 48, a luminosidade teve flutuações na sua estabilidade durante o tempo do experimento. Porém todas as variáveis em relação a sua luminosidade ficaram mais claras.

A coordenada L* (luminosidade) para a lâmpada 12W, como pode ser se visto na Figura 49, a luminosidade teve flutuações na sua estabilidade durante o tempo do experimento. Em que a amostra com oxigênio + conservante tornou-se mais escura enquanto as outras tornaram-se mais claras.

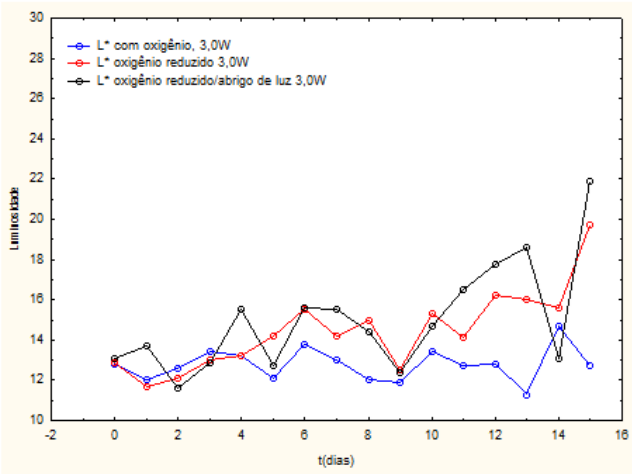

Figura 47 - Degradação da cor do corante, luminosidade da lâmpada 3,0W

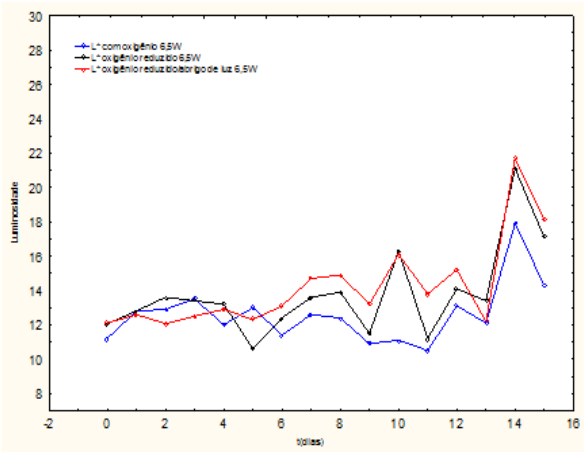

Figura 48 - Degradação da cor do corante, luminosidade da lâmpada 6,5W

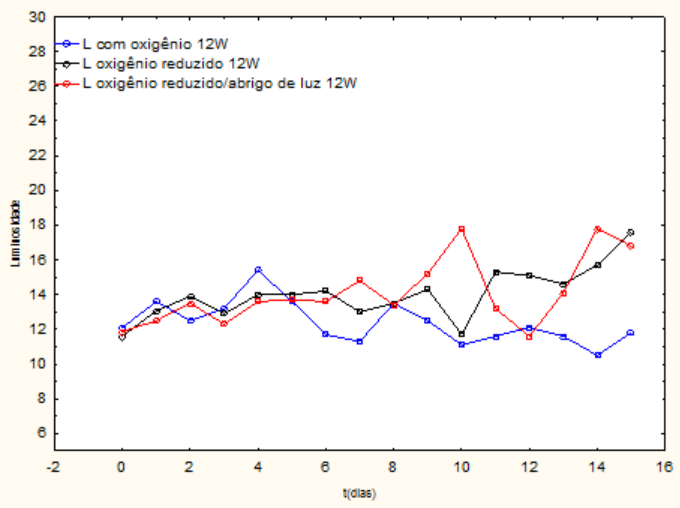

Figura 49 - Degradação da cor do corante, luminosidade da lâmpada 12W.

A coordenada a* para as amostras das lâmpadas apresentaram uma diminuição no decorrer do experimento, com alguma flutuações de valores em sua estabilidade, visualizados nas Tabela 15,16 e 17 e na Figura 50, 51 e 52. Significando que houve uma degradação na cor do corante para a tendência –a* (verde).

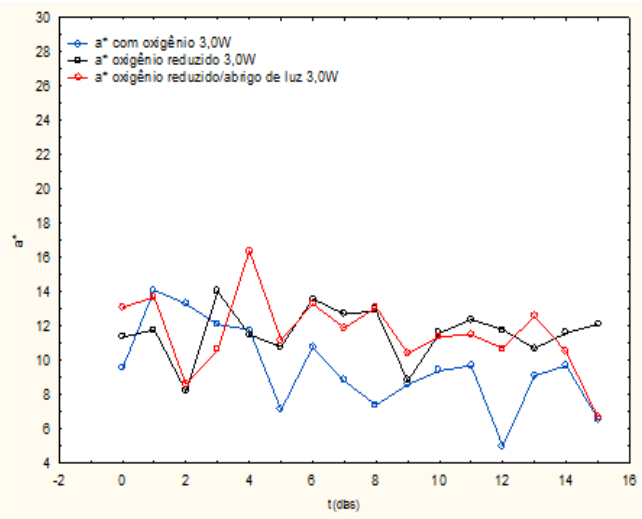

Figura 50 - Degradação da cor do corante, coordenada a* da lâmpada 3,0W.

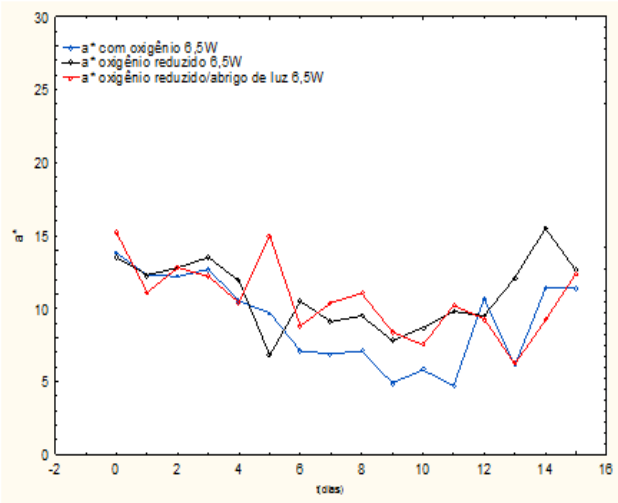

Figura 51 - Degradação da cor do corante, coordenada a* da lâmpada 6,5W.

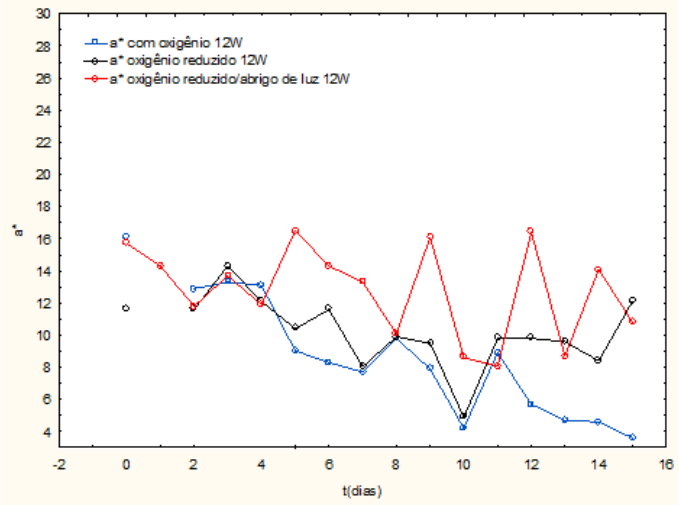

Figura 52 - Degradação da cor do corante, coordenada a* da lâmpada 12W.

A coordenada b* para todas as lâmpadas, houve flutuações em sua estabilidade, porém o corante sofreu uma degradação, tornando-as as cores destes mais amarelas.

.

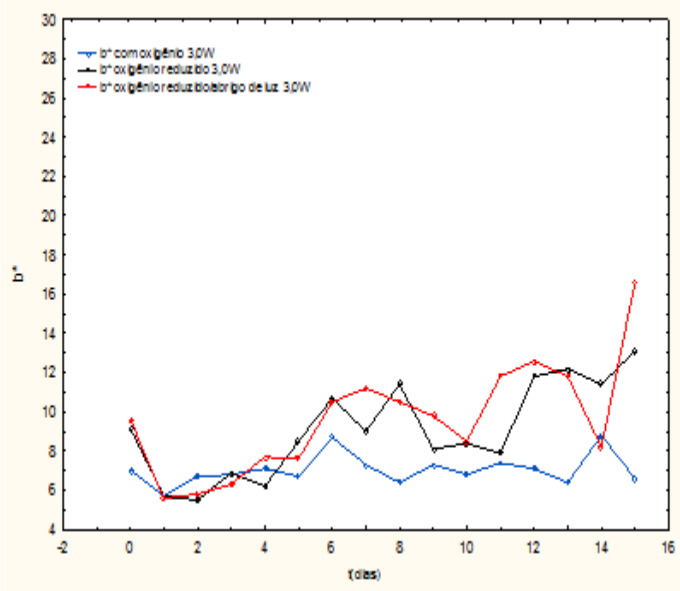

Figura 53 - Degradação da cor do corante, coordenada b* da lâmpada 3,0W.

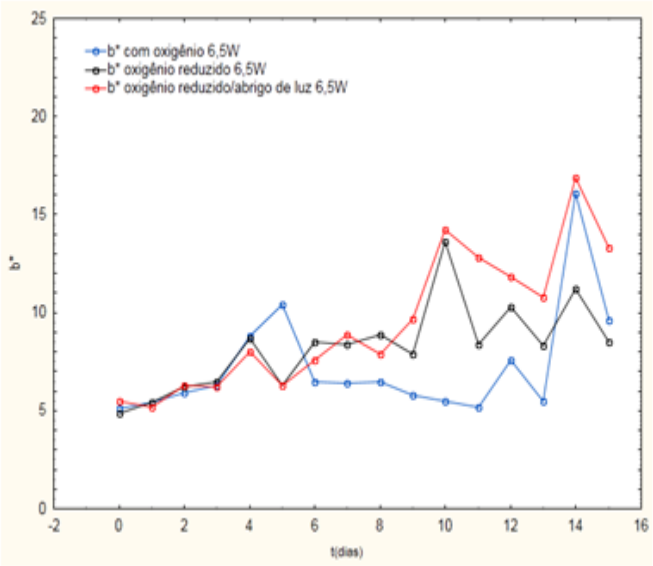

Figura 54 - Degradação da cor do corante, coordenada b* da lâmpada 6,5W.

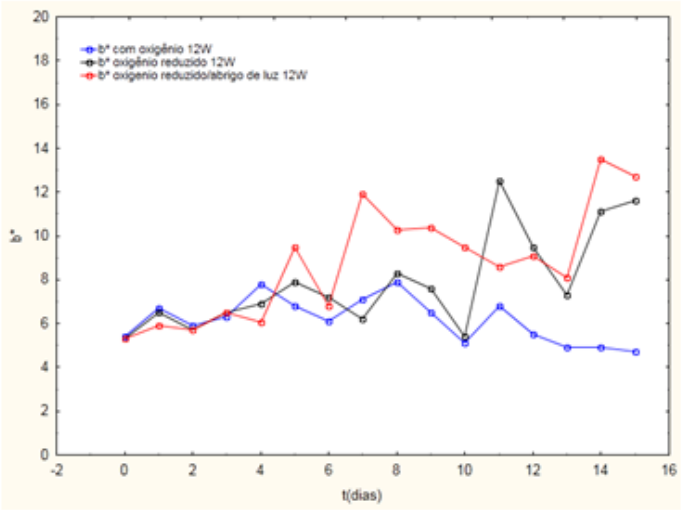

Figura 55 - Degradação da cor do corante, coordenada b* da lâmpada 12W.

Nas Figuras 56 a 58, podemos observar a degradação da cor do corante de pitaya nas três diferentes luminosidades.

Figura 56 - degradação da cor na lâmpada de 12W. (a) suco padrão, (b) amostras com oxigênio + conservante(esquerda) e oxigênio reduzido + conservante(direita). (c), (d) e (e) nas três variáveis, começando com oxigênio + conservante (esquerda), oxigênio reduzido + conservante(meio) e oxigênio reduzido conservante/ abrigo de luz(direita).FONTE: Autor

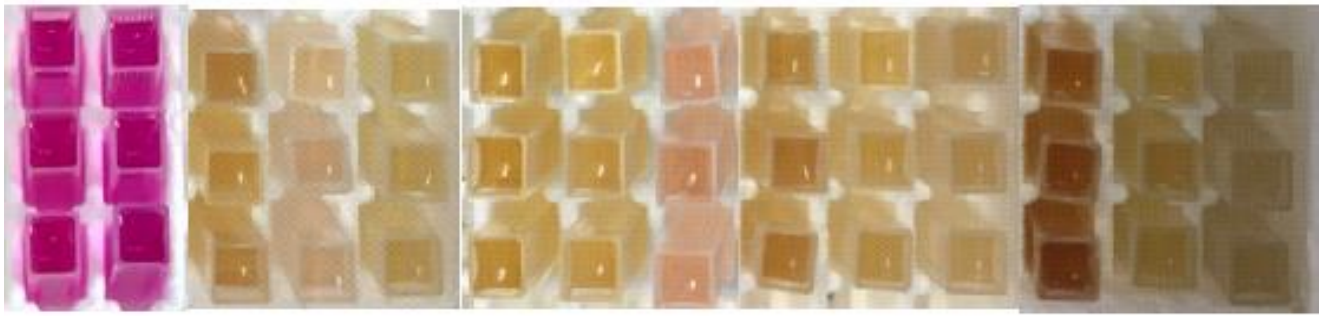

Figura 57 - degradação da cor na lâmpada de 6,5W. (a), (b), (c), (d) e (e) nas três variáveis, começando com oxigênio + conservante (esquerda), oxigênio reduzido + conservante(meio) e oxigênio reduzido + conservante/ abrigo de luz(direita). FONTE: Autor

Figura 58 - degradação da cor na lâmpada de 3,0W. (a), (b), (c), (d) e (e) nas três variáveis, começando com oxigênio + conservante (esquerda), oxigênio reduzido + conservante(meio) e oxigênio reduzido + conservante/ abrigo de luz(direita). FONTE: Autor

Os valores para a cromaticidade (c*), tonalidade (h*) e variação de cor (ΔE^*) são mostrados nas Tabela 17 a 19.

Tabela 17: Resultados obtidos para os parâmetros de cor do estudo de estabilidade do suco de pitaya, 12W, coordenadas c*, h e ΔE.

T(dias)	Ausência de			Presença de luz (12W)					
				Oxigênio			Com oxigênio		
	c*	h*	ΔE	c*	h*	ΔE	c*	h*	ΔE
0	16,57	18,65	0,00	12,75	24,55	0,00	16,98	18,54	0,00
1	15,47	22,42	1,88	18,01	21,15	7,493	19,76	19,80	3,96
2	13,10	25,78	3,45	12,92	26,16	7,31	14,18	24,57	6,85
3	15,16	25,38	2,91	15,70	24,44	3,95	14,71	25,34	0,77
4	13,35	26,98	2,59	13,92	29,69	7,08	15,24	30,77	2,67
5	19,04	29,93	8,08	13,06	37,22	2,15	11,30	36,98	4,56
6	15,83	25,43	4,73	13,65	31,82	1,51	10,30	36,31	2,15
7	17,85	41,82	5,57	10,14	37,67	5,10	10,47	42,67	1,23
8	14,42	45,56	4,95	12,91	39,97	3,94	12,58	38,87	3,14
9	19,17	32,86	7,64	12,16	38,65	1,10	10,23	39,44	2,56
10	12,81	47,85	9,86	7,29	47,77	7,05	6,60	50,57	4,19
11	11,79	46,86	1,46	15,88	51,90	12,17	11,20	37,38	5,02
12	18,75	29,02	10,87	13,64	44,10	3,74	7,51	43,97	3,48
13	11,89	42,95	10,36	12,06	37,24	2,72	6,78	46,19	1,268
14	19,52	43,75	10,79	13,92	52,88	4,39	6,72	46,80	1,10
15	16,67	49,62	4,43	16,76	43,79	4,69	5,92	52,54	1,29

Tabela 18: Resultados obtidos para os parâmetros de cor do estudo de estabilidade do suco de pitaya, 6,5W, coordenadas c*, h e ΔE.

T(dias)	Ausência de			Presença de luz (6,5W)					
				Oxigênio			Com oxigênio		
	c*	h*	ΔE	c*	h*	ΔE	c*	h*	ΔE
0	16,16	19,82	0,00	14,36	19,94	0,00	14,72	20,39	0,00
1	12,25	25,10	5,67	13,43	23,70	1,59	13,43	23,70	1,99
2	14,26	26,20	2,54	14,22	25,84	1,56	13,55	25,80	0,50
3	13,68	26,93	0,94	14,98	25,70	1,07	14,17	26,38	0,87
4	13,13	37,67	10,90	14,74	36,17	2,73	13,7	39,96	3,65
5	16,26	22,78	15,31	9,26	42,81	7,85	14,22	46,99	2,04
6	11,62	40,81	18,66	13,50	38,99	6,04	9,62	42,47	4,95
7	13,68	40,55	2,45	12,38	42,70	1,79	9,41	42,84	1,22
8	13,59	35,53	5,11	13,01	43,13	0,90	9,62	42,47	0,3
9	12,83	49,10	13,71	11,10	45,36	2,74	7,59	49,80	2,75
10	16,05	62,15	14,16	16,14	57,39	7,66	7,99	43,47	0,96
11	16,36	51,44	10,80	12,90	40,60	6,22	7,00	47,89	1,28
12	15,02	51,75	1,70	14,01	47,31	2,21	12,03	35,38	6,96
13	12,45	60,14	8,82	14,67	34,44	6,30	8,21	42,03	5,15
14	19,24	61,43	9,21	19,12	35,85	3,34	19,72	54,69	13,19
15	18,18	47,00	4,93	15,19	34,00	5,	14,90	40,10	8,09

Tabela19: Resultados obtidos para os parâmetros de cor do estudo de estabilidade do suco de pitaya, 3,0 W,coordenadas c*, h e ΔE.

T(dias)	Ausência de			Presença de luz (3.0W)					
				Oxigênio			Com oxigênio		
	c*	h*	ΔE	c*	h*	ΔE	c*	h*	ΔE
0	16,25	36,32	0,00	14,59	38,88	0,00	11,87	36,40	0,00
1	14,80	25,10	4,32	13,10	25,78	3,79	15,20	23,70	5,78
2	10,37	33,99	9,93	9,87	33,85	14,04	14,89	26,73	1,31
3	12,33	30,72	3,84	15,63	26,18	8,31	13,87	29,33	1,44
4	18,11	25,15	8,15	13,06	28,33	3,67	13,77	31,03	0,46
5	13,53	34,15	10,10	13,74	38,20	2,49	9,76	43,33	4,84
6	16,94	38,29	6,09	17,30	38,19	5,03	13,86	38,85	4,53
7	16,34	43,26	5,05	15,56	35,32	2,59	11,43	39,67	2,56
8	16,78	38,71	4,62	17,21	41,46	2,91	9,78	40,85	1,94
9	14,28	43,29	5,26	11,96	42,62	7,43	11,28	40,32	1,50
10	14,22	36,70	6,71	14,32	35,90	3,675	11,60	35,88	1,77
11	16,47	45,73	9,87	14,70	32,50	1,01	12,20	37,33	0,96
12	16,53	49,66	4,00	16,68	45	4,417	8,12	54,84	4,71
13	17,26	43,12	6,62	16,22	48,74	1,25	11,12	35,11	4,42
14	13,32	37,98	7,40	16,24	44,50	1,204	13,09	42,21	4,20
15	17,90	68,02	10,29	17,83	47,27	2,36	9,33	45	5,348

Nas Figuras 59 a 66 são visualizadas a cromaticidade e a tonalidade do resultado da degradação da cor do corante de pitaya.

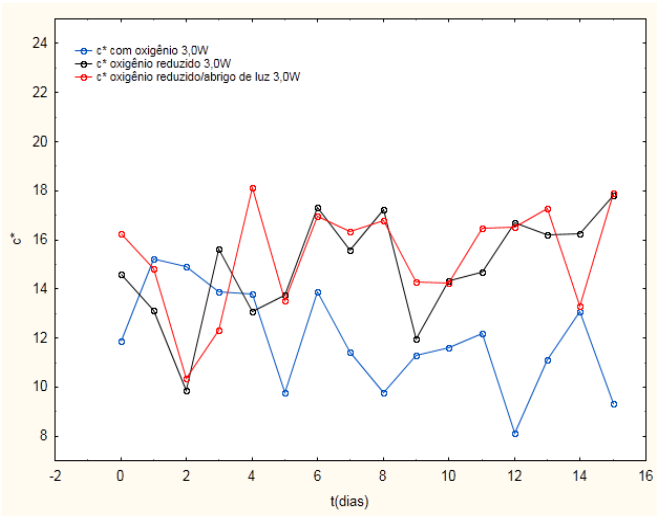

Figura 59 - Degradação da cor do corante, cromaticidade c* da lâmpada 3,0W.

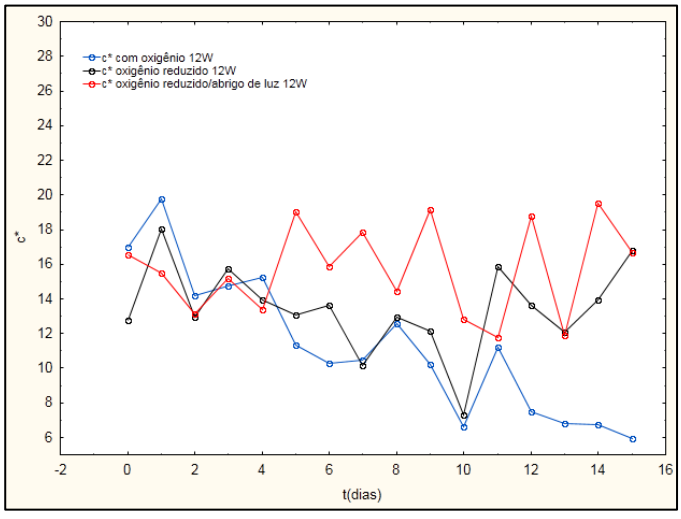

Figura 60 - Degradação da cor do corante, cromaticidade c* da lâmpada 12W.

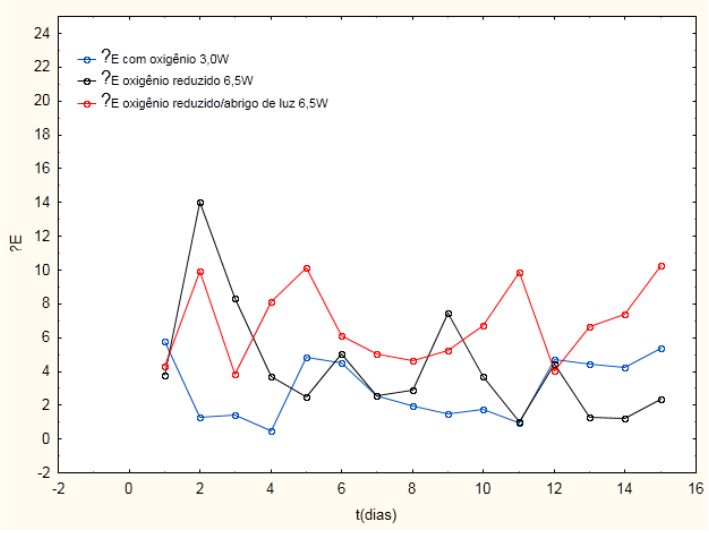

Figura 61 - Degradação da cor do corante, cromaticidade c* da lâmpada 6,5W.

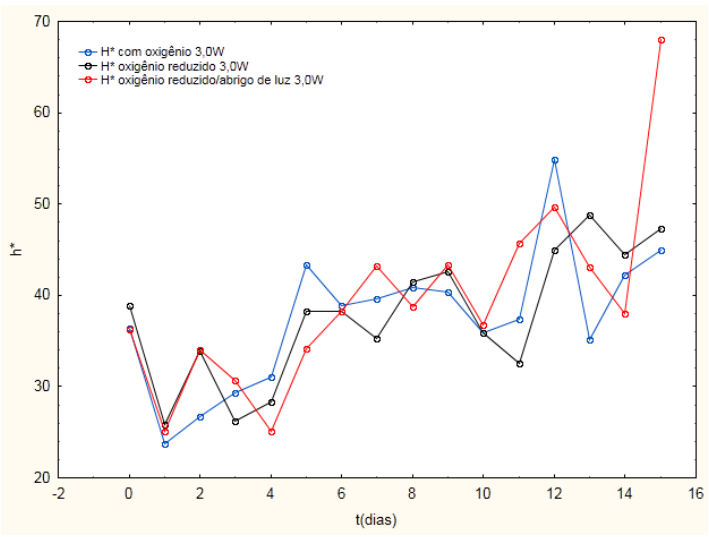

Figura 62 - Degradação da cor do corante, tonalidade h* da lâmpada 3,0W.

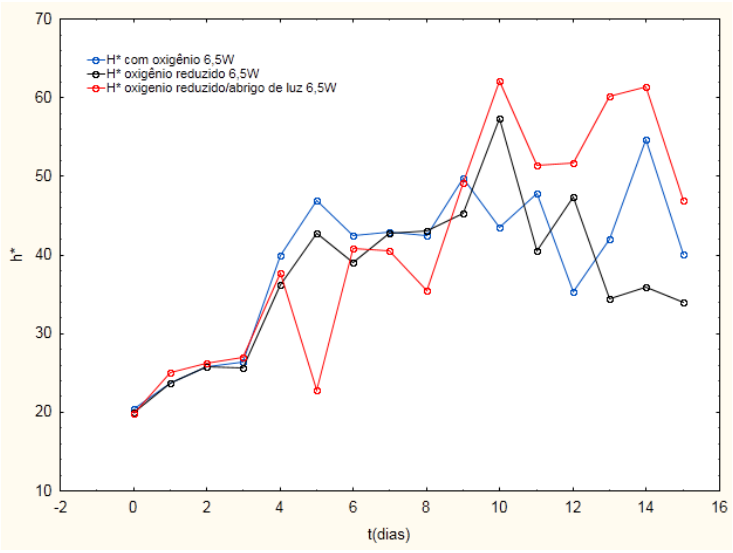

Figura 63 - Degradação da cor do corante, tonalidade h* da lâmpada 6,5W.

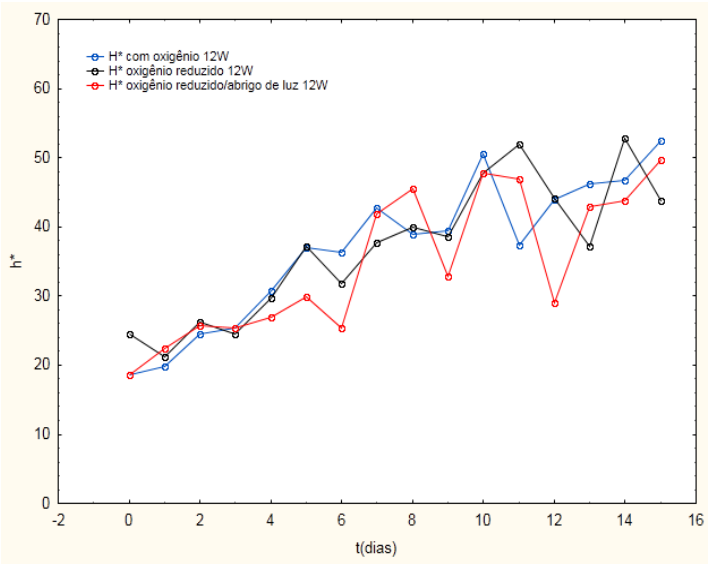

Figura 64 - Degradação da cor do corante, tonalidade h* da lâmpada 12W.

CONCLUSÃO

A pitaya mostrou-se fonte de corante vermelho-púrpura, sendo possive obter o corante tanto em água, como em solução de McIlvaine, sendo observados valores de pigmentos betaciânicos maiores em água.

Em relação a caracterização física e físico química, o fruto utilizado neste trabalho, mostrou características parecidas com outros frutos da mesma espécie, utilizada em outras pesquisas cientificas.

Os teores de betacianina avaliados no suco e durante o experimento mostraram-se bons e aceitáveis para o pigmento betaciânico.

Em relação a estabilidade quando utilizado uma menor luminosidade (3,0W) o pigmento degrada lentamente, sendo constatado através dos valores da betacianina mostrado tanto nas Tabelas como nas Figuras. obtidas no experimento e analogamente uma maior degradação a maior luminosidade utilizada. Porém apesar de apresentar uma degradação ao menor valor de luminosidade o pigmento mostrou uma boa estabilidade.

Em relação a degradação da cor do corante de pitaya mostrou-se ser mais estável com oxigênio reduzido e ao abrigo de luz.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, M. R. M.; CRUZ, M. A. G.; RINDERMANN, R. S. Pitahaya de México Producción y comercialización en el contexto internacional In: CALUDIO, F. V. **Pitayas y Pitahayas**. CIESTAAM, Universidad Aurónoma Chapingo, 2003.

ANGELUCCI, E.; ARIMA, H. K.; KUMAGAI, E. A. Urucum I - dados preliminares sobre a composição química. ***Coletânea do ITAL***. Campinas, v. 11, p. 89-96, 1980

ARAUJO, M. E. M. (2005). **Corantes naturais para têxteis – da antiguidade aos tempos modernos**. Texto de apoio DQB, FCUL, 30p.

ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; LOI, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, v. 114, p. 561–564, 2009.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W.; WANISKA, R. D. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. ***Food Chemistry***. 90: 293-301. 2004.

BADUI, D. S. *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Educación, 3ª Ed. México. 377 – 405. 1993.

BADUI, D. S. *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Educación, 3a Ed. México. 377 – 405. 1993.

BENTES, S. **A. Avaliação do potencial de obtenção de pigmento azul a partir de frutos de jenipapo (genipa americana l.) Verdes**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos), 2010, 110 pag. Universidade Federal do Pará, Belém.

CAI, Y.; SUN, M.; CORKE, H. Colourant properties and stability of Amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4491– 4495, 1998.

CAI, Y.; SUN, M.; SCHLIEMANN, W.; CORKE, H. Chemical stability and colorant properties of betaxanthin pigments from Celosiaargentea. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 49, p. 4429–4435, 2001.

CAI, Y.Z.; SUN, M.; CORKE, H. Characterization 5. and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. **Trends Food Sci. Technol**. n.16, p.370-376, 2005.

CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatan. Maxcanú: Yucatán**, 1993

CENZANO, I. ***Color y Colorantes***. Nuevo Manual de Indústrias Alimentarias, Madrid, 47-52. 1994.

COULTATE, T. P. Alimentos química de seus componentes. ***Acribia S.A***. 115 - 127. 1984.

CONSTANT, P. B.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. **Corantes alimentícios**. B.CEPPA, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 203-220, jul./dez. 2002.

DOMINIC, W. S. Química de los alimentos.Mecanismos y teoría. ***Acribia, S.A***. 186- 191. 1989.

DONADIO, L. C. **Pitaya. Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

DONADIO, C. D.; NACHTGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas Exóticas.** Jaboticabal: FUNEP, 1998.

ESCRIBANO, J.; PEDRENO, M. A.; GARCIA-CARMONA, F.; MUNOZ, R. Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris* L. roots. **Phytochemical Analysis**, v. 9, p. 124–127, 1998.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de Alimentos de Fennema*. São Paulo: Artmed, 900p, 2010.

FENNEMA, O. R. Química de los alimentos. ***Acribia S.A***. Cáp. 8. Pag. 222, 640, 641, 648, 650, 653, 655. 1993.

GIBSON, A. C.; NOBEL, P.S.**The Cactus Primer**. Cambridge: Harvard University Press, 1986.

HOA. T. T.; CLARK, C. J.; WADDELL, B. C.; WOOLF, A. B. Postharvest quality of Dragon fruit (Hylocereus undatus) following disinfesting hot air treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 62–69, 2006.

HUANG, A. S.; VON ELBE, J. H. Kinetics of the degradation and regeneration of betanine. ***Journal of Food Science***. 50, 1115–1120. 1985.

JUNQUEIRA, K. P.; JUNQUEIRA, N. T. V.; RAMOS, J. D.; PEREIRA, A. V. **Informações preliminares sobre uma espécie de pitaya do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 18 p. Documentos Embrapa Cerrados

KLEINHEINZ, A.; LEPP.U.; HAUSEN. B. M.; PETERSEN, A.; BECKER., W. M. Anaphylactic reaction to (mixed) fruit juice containing dragon fruit **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 124, n. 4, p. 841-842, 2009.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (Hylocereus spp.): A new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, p. 237-250, 2006.

LUDERS, L.; MCMAHON, G**.** **The pitaya or Dragon Fruit (Hylocereus undatus)**. Austrália: Northern Territory Government. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines, n. D42, 2006.4 p. Relatório técnico

LI-CHEN, W.; HSIU-WEN, H.; YUN-CHEN, C.; CHIH-CHUNG, C.; YU-IN, L.; JA-AN, A. H. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**, v. 95, p. 319-327, 2006.

MARMIÓN D. A. Wiley. Handbook of U.S. colorants, Foods, drugs, cosmetics and medical device. Third editió. ***Interscience Publication***. 14, 23, 24, 44, 130, 173. 1991

MASCARENHAS, J. M. O. **Corantes em Alimentos: Perspectivas, Uso e Restrições.** 1998. 150 f. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELO, R. F. **Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos.** 2014. 100 pag. Tese (Programa de Pós–Graduação em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MERTEN, S.A review of Hylocereus production in the United States.**Journal PACD**, v. 32, n. 4, p. 98-105, 2003.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, v. 18, p. 291–320, 1997

MOßHAMMER, M. R.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Development of a process for the production of a betalain-based colouring food stuff from cactus pear. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, p. 221–231, 2005a.

NETZEL, M. et al. Renal excretion of antioxidative 33. constituents from red beet in humans. **Food Res. Int**., v.38, p.1051-1058, 2005

NUNES, C. S. R.; PAULINO, F. F.; PEREIRA, S. K.; MAGALHÂES, B. D. *Presença de bolores termo-resistentes em sucos Concentrados de frutas.* Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2012, 32 p. Pós-

graduação em Segurança Alimentar e Qualidade Nutricional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

PATIL, G.; MADHUSUDHAN, M.C.; BABU, B.R.; RAGHAVARAO, K.S.M.S. **Extraction, dealcoholization and concentration of anthocyanin from red radish**. Chemical Engineering and Processing, v. 48, p. 364–369, 2009.

PEDRENO, M. A.; ESCRIBANO, J. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from Beta vulgaris L. roots under different pH, temperature and light conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, p. 627– 631, 2001.

PONTES, L. V. *Avaliação sensorial e instrumental da cor de misturas em pó para refresco, bebida isotônica e gelatina utilizando corantes naturais*. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa (UFV).

QUEK, S. Y., CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. Chemical Engineering and Processing. 46, 386–392. 2007.

RAZAK, M. S. A. **Ultrasonic Extraction of antioxidant compound from red pitaya**. 38 f. Tese (Bacharelado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química e Recursos Naturais. Universidade da Malásia, Pahang. 2009

RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R. E. **Extraction, Isolation, and Purification of Anthocyanin.** *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. F1.1.1-F1.1.11. 2001.

RUIZ R. R. M. *Estudio preliminar de los pigmentos presentes em cáscara de pitaya (Stenocereus stellatus) de le región mixteca*. Universidad Tecnologica de

la Mixteca. Huajuapan de Léon: Oaxaca, 2006. 76p. Tese de doutorado (Engenharia de Alimentos).

RUI, H.; ZHANG, L.; ZUOWEI, L.; PAN, Y. Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya. **Journal of Food Engineering**, v. 93, p. 482–486, 2009.

SAGUY, I. Thermostability of red beet pigments (betanine and vulgaxanthin-I): influence of pH and temperature. ***Journal of Food Science***. 44: 1554-1555.1979.

SAGUY, I.; KOPELMAN, I. J.; MIZRAHI, S. Thermal kinetic degradation of betanin and betalamic acid. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry***. 26: 360-362.1978.

SANTANA, L. D. *Extração e secagem por atomização do suco de pitaya vermelha (hylocereus costaricencis) para obtenção de corante em pó***,** Belém – Pa, Universidade Federal do Pará, 2017, 148 p. dissertação (doutorado em engenharia de recursos naturais da Amazônia), Universidade Federal do Pará (UFPA)

SANTOS, B. A. G. *Análise comparativa entre técnicas de processamentos para extração de pigmentos nas sementes de urucum*. Campina grande–Pb. Universidade Federal de Campina Grande,2007, 167 p. (Programa de Doutorado em Engenharia de Processos), Universidade Federal de Campina Grande.

SAONA-RODRIGUEZ, L. E.; GIUSTI, M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. ***Journal of Food Science***. v. 63, p. 458-465, 1998

SHETTY, A. A.; RANA, M. K.; PREETHAM, S. P. Cactus: a medicinal food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 5, p. 530–536, 2011.

STRACK, D.; VOGT, T.; SCHLIEMANN, W. Recent advances in betalain research. **Phytochemistry**, n.62, p.247-269, 2003.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Betacyanins in fruits from red-purple pitaya, Hylocereus polyrhizus (Weber) Britton e Rose. ***Food Chemistry***. London, v. 77, n. 1, p. 101-106, 2002.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. Trends in **Food Science and Technology**, v. 15, p. 19–38, 2004.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. **European Food Research and Technology,** v. 216, p. 303–311, 2003.

SOUZA, P. M. E. *Extração, estabilidade, reologia higroscopicidade do corante de pitaya (hylocereus costaricencis).* Belém –Pa. Universidade Federal do Pará, 148 p. Tese doutorado em engenharia de recursos naturais da Amazônia), Universidade Federal do Pará (UFPA)

TESORIERE, L et al. Absorption, excretion, and distribution o dietary antioxidant betalains in LDLs: potencial health effects of betalains in humans. **Am. J. Clin. Nutr**., n.80, p.941-945, 2004.

VON ELBE, J. H. Stability of betalain as food colors. ***Food Technology***. 29: 42-46. 1975.

WICHIENCHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 850–857, 2010.

WYBRANIEC, S.; MIZRAHI, Y. Fruit flesh betacyanin pigments in Hylocereus cacti. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6086-6089, 2002.

APÊNDICE A

Nas Figuras de A1 a A9, pode-se visualizar os gráficos do modelo de ordem zero dos resíduos x preditos, resíduos x observados e os gráficos da normalidade. Para as três lâmpadas e suas variáveis.

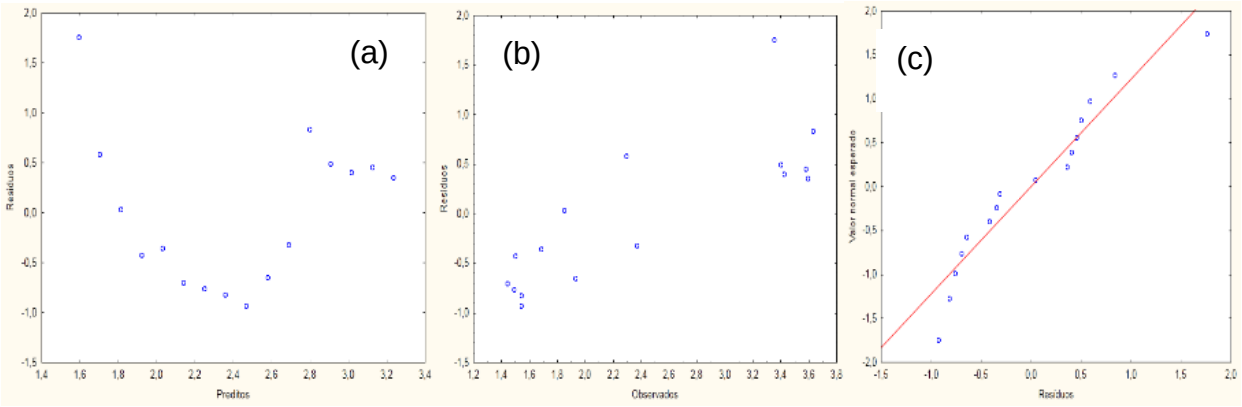

Figura A1 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

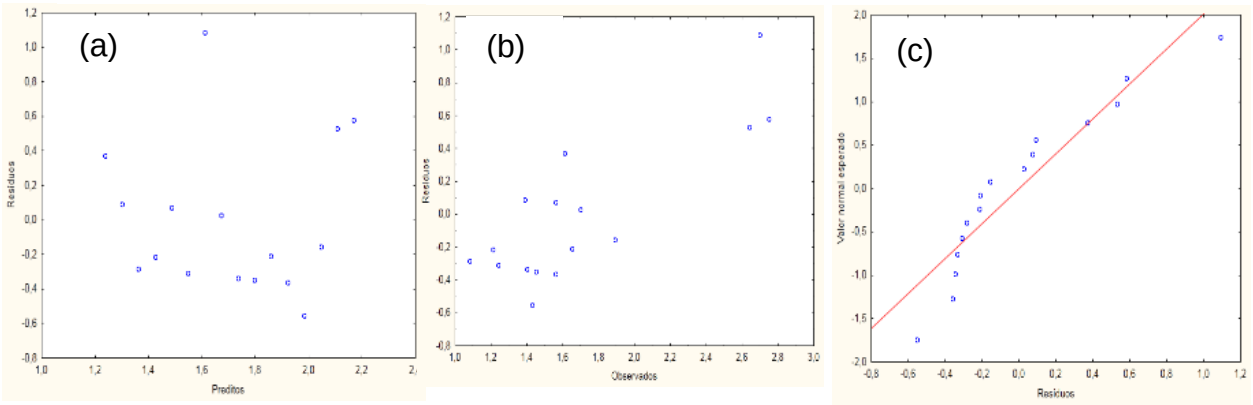

Figura A2 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

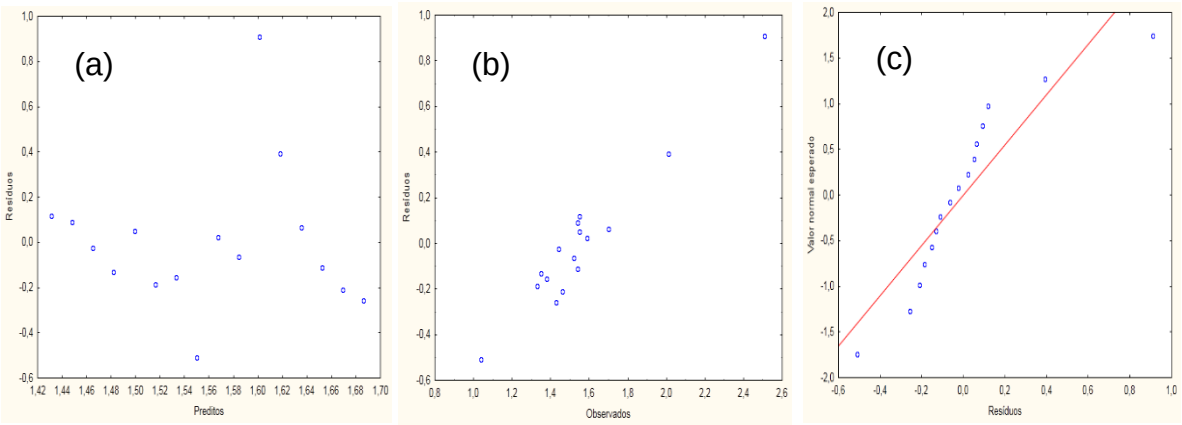

Figura A3 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

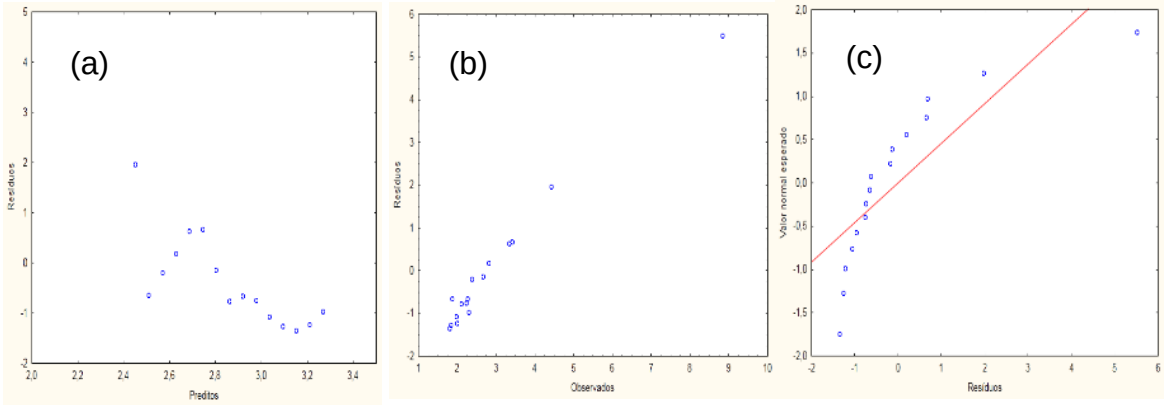

Figura A4 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

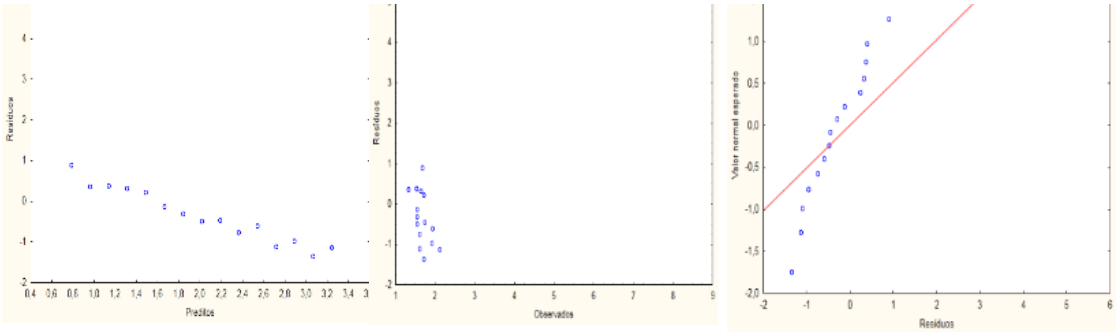

Figura A5 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

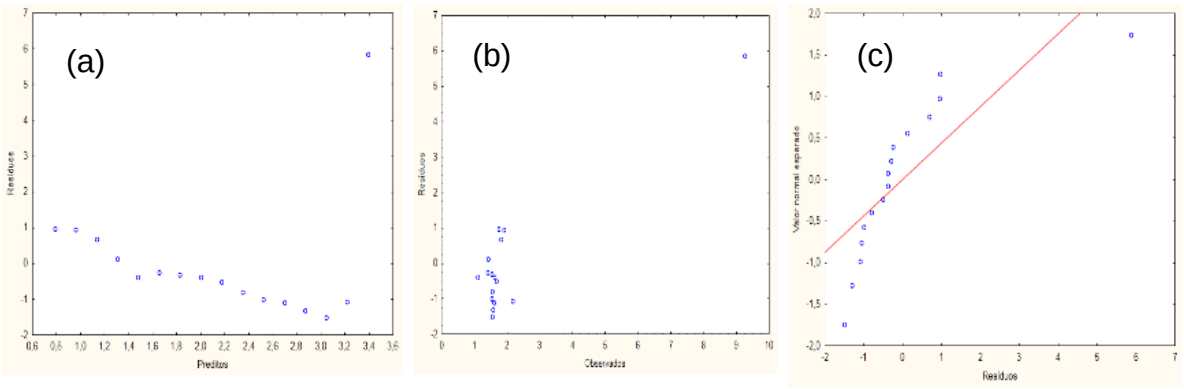

Figura A6 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

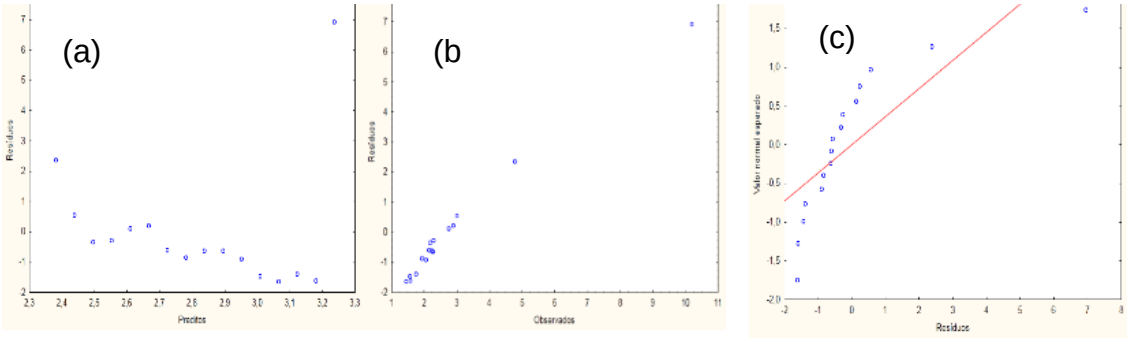

Figura A7 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

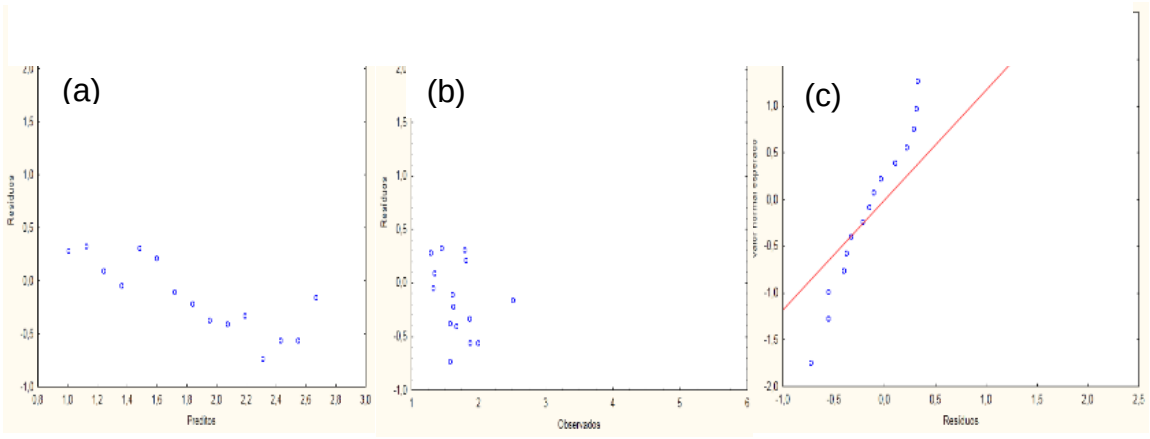

Figura A8 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

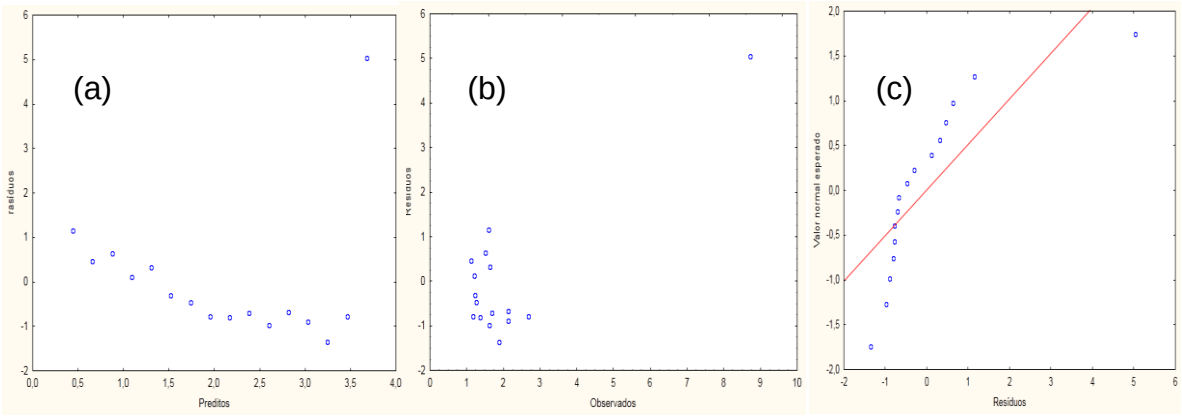

Figura A9 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de ordem zero. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

Nas Figuras de A10 a A18, pode-se visualizar os gráficos do modelo de primeira ordem dos resíduos x preditos, resíduos x observados e os gráficos da normalidade. Para as três lâmpadas e suas variáveis.

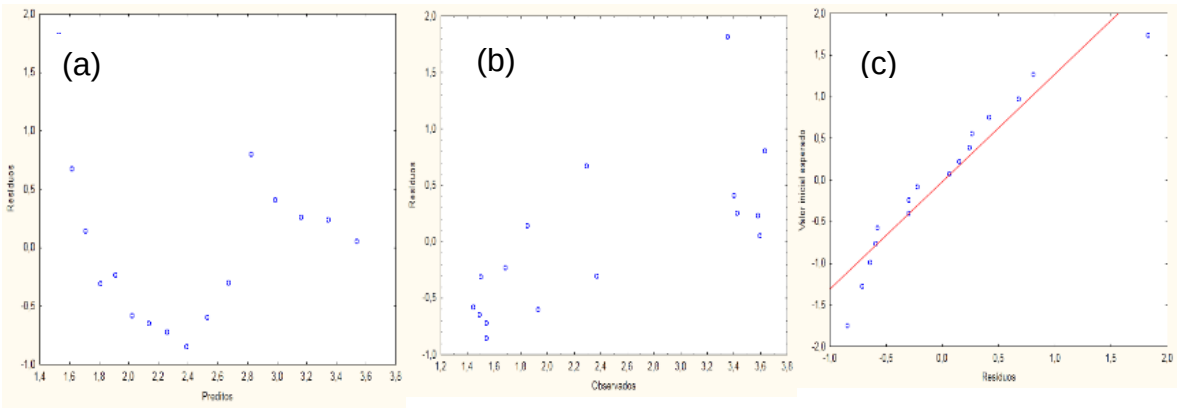

Figura A10 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

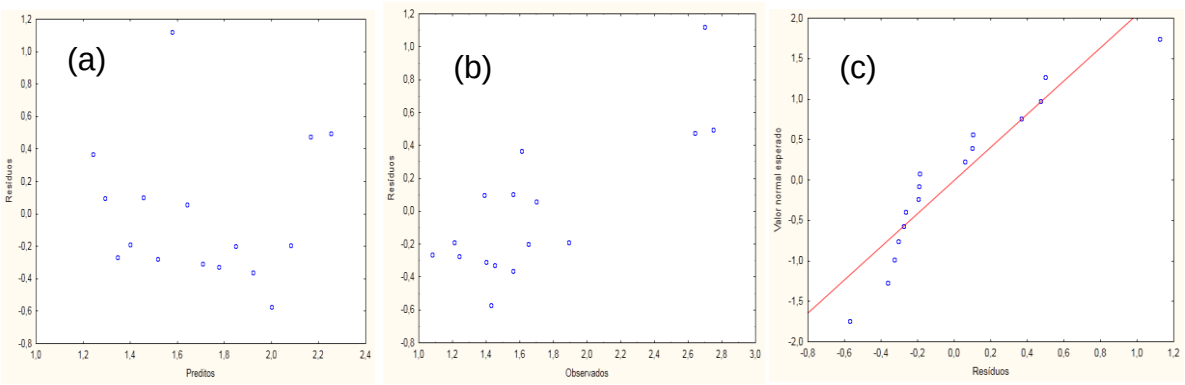

Figura A11 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

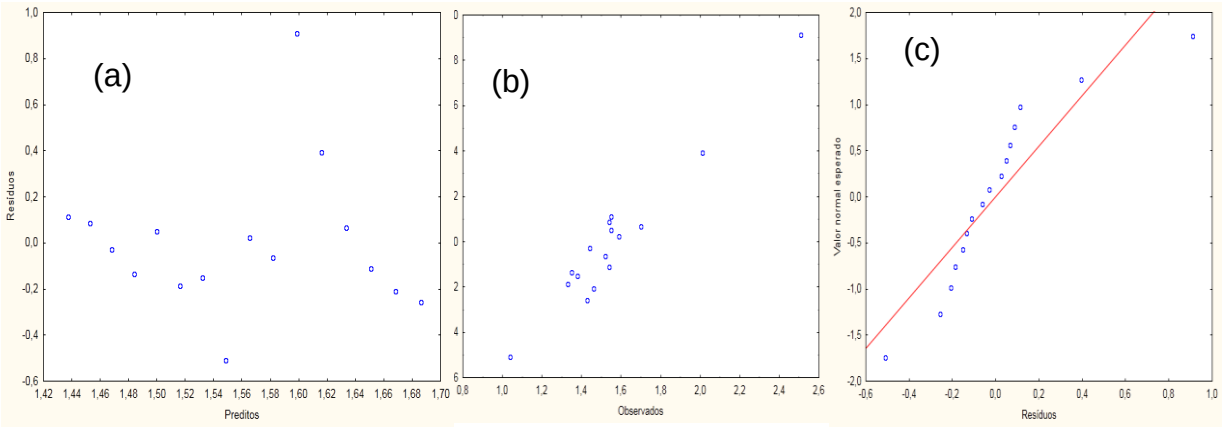

Figura A12 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 3,0W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

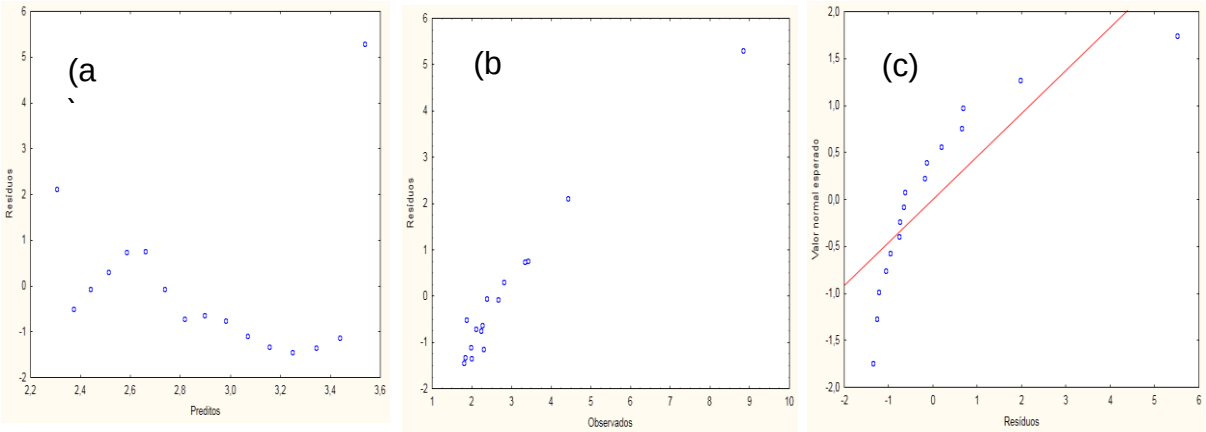

Figura A13 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

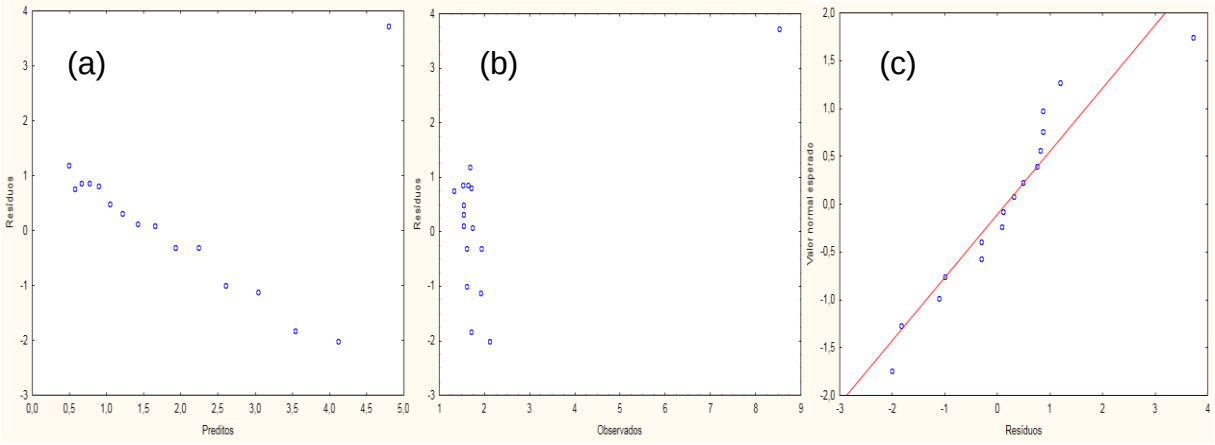

Figura A14 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

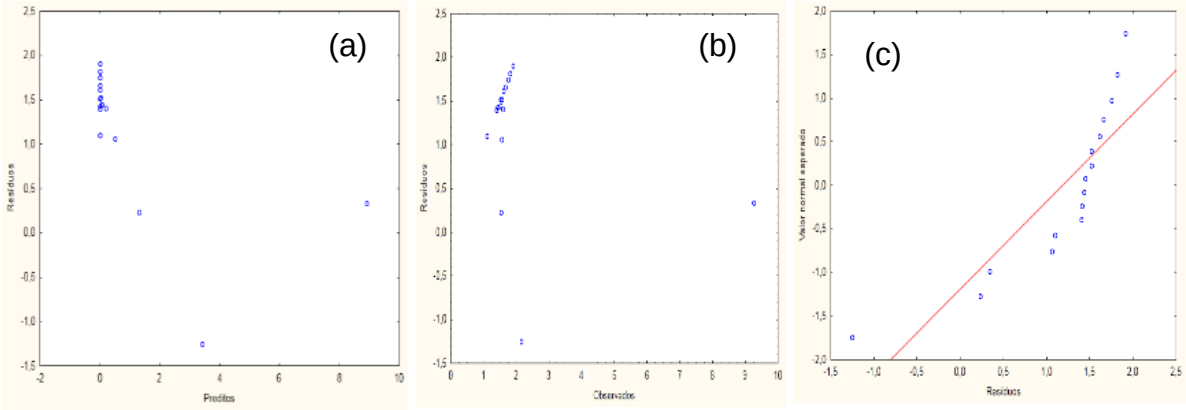

Figura A15 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 6,5W com oxigênio reduzido + conservante/ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

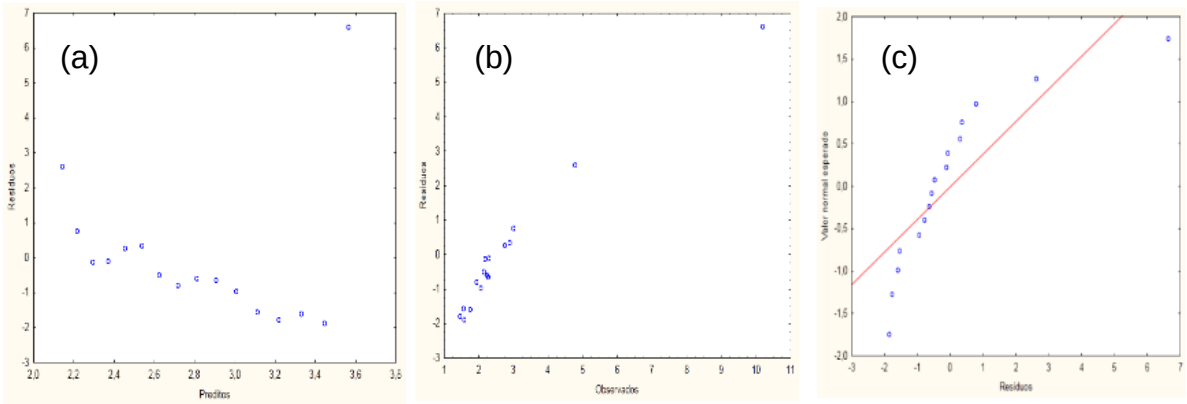

Figura A16 – (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

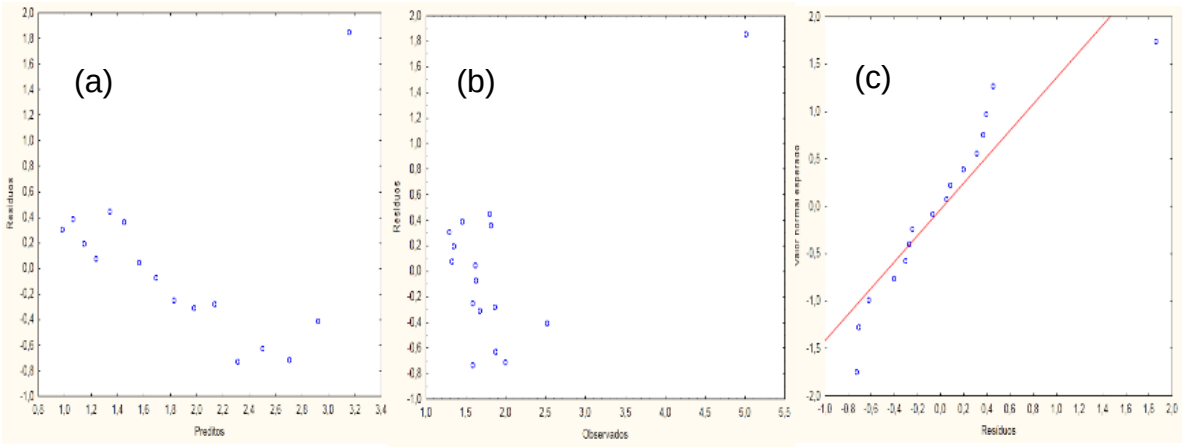

Figura A17 - (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

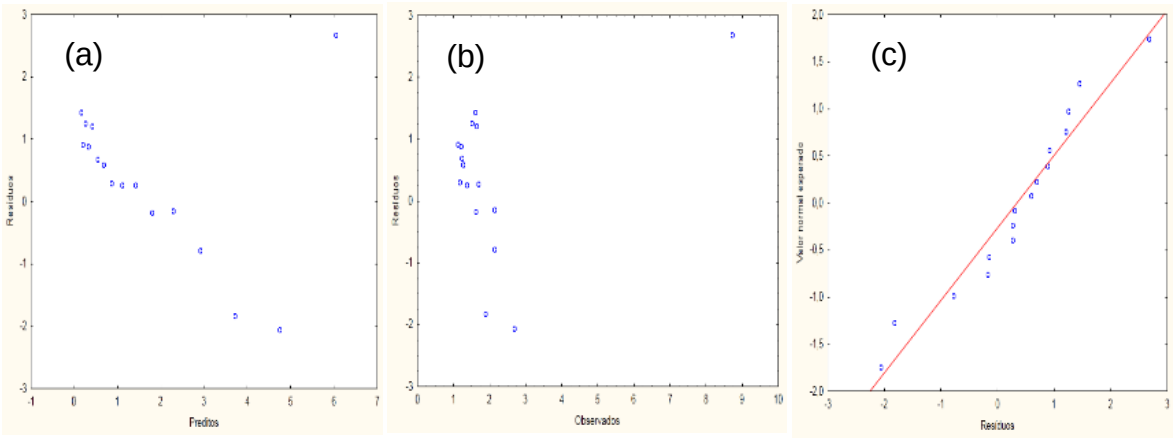

Figura A18 – (a) Resíduos x preditos, lâmpada 12W com oxigênio reduzido + conservante/ ao abrigo de luz. Modelo de degradação cinética de primeira ordem. (b) resíduos x observados e (c) normalidade.

APÊNDICE B

Tabela B1: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo. Em análise com solução de McIlvaine.

Luminosidade						
Tempo (dias)	**Betacianina ($g\ L^{-1}$)**			**Betaxantina ($g\ L^{-1}$)**		
	3,0W	**6,5W**	**12W**	**3,0W**	**6,5W**	**12W**
0	6,3	7,91	8,27	3,03	2,53	2,67
1	2,95	2,47	1,57	1,56	1,24	0,82
2	1,71	2,13	1,83	0,94	1,26	1,05
3	1,87	2,1	2,03	1,28	1,29	1,3
4	2,3	2,4	2,05	1,54	1,75	1,51
5	2,29	2,18	4,71	1,78	1,55	4,68
6	2,8	2,53	5,53	2,56	2,19	5,46
7	3,6	2,61	4,3	3,83	2,38	4,3
8	3,83	2,29	4,08	4,25	2,1	4,33
9	4,52	2,52	3,57	4,6	2,31	3,76
10	4,77	2,01	4,33	5,72	1,82	4,73
11	5,82	1,75	5,82	6,95	1,68	6,86
12	6,02	2,21	5,76	7,44	2,17	6,95
13	7,14	3,63	6,21	8,61	3,74	7,52
14	6,78	2,35	6,57	8,58	2,9	7,42
15	5,4	2,86	8,47	6,8	2,54	9,93

Tabela B2: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio reduzido + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo. Em análise com solução de McIlvaine.

Luminosidade						
Tempo (dias)	**Betacianina ($g\ L^{-1}$)**			**Betaxantina ($g\ L^{-1}$)**		
	3,0W	**6,5W**	**12W**	**3,0W**	**6,5W**	**12W**
0	2,99	8,77	4,48	1,58	2,85	1,63
1	1,82	2,42	2,59	1,03	1,17	1,21
2	1,72	2,4	1,92	0,71	1,38	1,1
3	1,37	1,94	2,23	1,46	1,26	1,37
4	1,87	2,26	2,11	1,15	1,71	1,42
5	1,49	4,14	4,48	0,95	3,95	4,86
6	2,47	2,94	3,08	2,15	2,65	1,19
7	1,80	3,2	3,54	1,54	3,16	2,81
8	2,05	2,45	3,75	1,79	2,29	2,79
9	2,93	2,66	3,79	2,84	2,6	2,73
10	3,66	2,68	5,37	4,33	2,69	4,86
11	2,94	4,11	5,07	2,89	4,64	3,36
12	2,52	3,38	3,72	3,16	3,57	1,66
13	2,31	2,83	3,65	2,67	2,6	2,52
14	2,71	2,13	2,92	3,09	1,78	1,54
15	2,35	1,9	2,23	2,44	1,51	1,08

Tabela B3: Concentração de betacianina e betaxantina nas amostras com oxigênio reduzido/ao abrigo de luz + conservante, após exposição a diferentes luminosidades em função do tempo. Em análise com solução de McIlvaine

Luminosidade						
Tempo (dias)	**Betacianina ($g\ L^{-1}$)**			**Betaxantina ($g\ L^{-1}$)**		
	3,0W	**6,5W**	**12W**	**3,0W**	**6,5W**	**12W**
0	2,77	7,91	6,71	1,55	2,53	2,24
1	2,49	2,47	2,66	1,38	1,24	1,14
2	1,72	2,13	1,63	1,04	1,26	0,91
3	1,55	2,10	2,60	0,97	1,29	1,48
4	1,86	2,40	2,20	1,21	1,75	1,29
5	1,64	2,18	2,24	1,1	1,55	1,50
6	1,93	2,53	2,14	1,44	2,19	1,40
7	1,41	2,61	1,95	1,03	2,38	1,40
8	2,2	2,29	2,10	1,88	2,10	1,66
9	3,47	2,52	1,84	3,55	2,31	1,37
10	3,94	2,01	1,74	4,69	1,82	1,28
11	2,91	1,75	2,47	3,09	1,68	2,39
12	2,3	2,21	1,76	2,23	2,17	1,52
13	2,27	3,63	2,27	2,09	3,74	2,13
14	2,15	2,35	2,06	1,95	2,90	1,44
15	1,64		2,46	1,39		2,27