

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - *CAMPUS* CASCAVEL
PÓS-GRADUAÇÃO STRICTU SENSU EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**TECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE PONTO DE COLHEITA PARA
CITRICULTURA E MECANISMO PARA PROTEÇÃO INTELECTUAL**

CLEBER FERNANDO SERAFIN

CASCAVEL – PARANÁ

AGOSTO - 2021

CLEBER FERNANDO SERAFIN

**TECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE PONTO DE COLHEITA PARA
CITRICULTURA E MECANISMO PARA PROTEÇÃO INTELECTUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção de título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais.

Orientadora: Dr^a. Silvia Renata Machado Coelho

Coorientador: Dr^o. Divair Christ

CASCADEL - PARANÁ

AGOSTO - 2021

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

SERAFIN, CLEBER FERNANDO
TECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE PONTO DE COLHEITA PARA
CITRICULTURA E MECANISMO PARA PROTEÇÃO INTELECTUAL / CLEBER
FERNANDO SERAFIN; orientadora SILVIA RENATA MACHADO COELHO;
coorientador DIVAIR CHRIST. -- Cascavel, 2021.
118 p.

Tese (Doutorado Campus de Cascavel) -- Universidade
Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e
Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
2021.

1. TECNOLOGIA BAIXO CUSTO. 2. ARDUINO. 3. PROTEÇÃO
INTELECTUAL. 4. CITRICULTURA. I. COELHO, SILVIA RENATA
MACHADO, orient. II. CHRIST, DIVAIR, coorient. III. Título.

Revisão língua portuguesa, inglesa e normas de monografias do PGEAGRI realizada por Silvana de Araújo Vaillões, em 20 de novembro de 2021.

CLEBER FERNANDO SERAFIN

**TECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE PONTO DE COLHEITA PARA CITRICULTURA E
MECANISMO PARA PROTEÇÃO INTELECTUAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção de título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Sistemas Biológicos e Agroindustriais, linha de pesquisa Tecnologias de Produção Vegetal e Pós-Colheita, aprovado pela seguinte banca examinadora:

Orientadora Prof^a. Dr^a. Silvia Renata Machado Coelho
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel

Coorientador Prof. Dr. Divair Christ
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel

Prof. Dr. Reginaldo Ferreira dos Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Cascavel

Prof. Dr. Marcio Luiz Modolo
Instituto Federal do Paraná, IFPR - Cascavel

Prof. Dr. Ricardo Sonsim de Oliveira
Instituto Federal do Paraná, IFPR - Cascavel

Cascavel, 17 de agosto de 2021.

BIOGRAFIA

Cleber Fernando Serafin, filho de Odone Antônio Serafin e Ivone Inês Serafin, nascido em 23 de setembro de 1980, na cidade de Realeza-PR. Morou em Planalto-PR até 16 anos; estudou, aos 17 anos, em Pato Branco, e graduou-se em Farmácia pela UFMS, em Campo Grande-MS, em 2001. Especializou-se em Bioquímica pela UFMS, em 2002. Em 2008, tornou-se mestre em Engenharia Agrícola pela UNIOESTE, Cascavel-PR. Em 2012, tornou-se mestre em Ciências Farmacêuticas pela UNIOESTE Cascavel- PR. Em 2014, finalizou sua licenciatura em Química pela FGF, modalidade EAD. Em 2017, ingressou no curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, atuando no Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas – LACON.

Profissionalmente, desde 2001, dedica-se à docência. Já teve 3 experiências profissionais como farmacêutico e 1 experiência em Laboratório de Análises Clínicas. Desde 2003, atua como professor em colégios e cursinhos de Cascavel e região. Em 2005, iniciou a carreira no Magistério superior com destaque para a FAG, UNIPAR, UNIAMÉRICA e UNISEP, tendo ingressado como professor colaborador, na UNIOESTE, em 2011, ficando até 2014. Em 2014, foi aprovado em concurso público federal do IFPR, onde atua até o momento. Em 2017, no IFPR, atuou como Diretor de Inovação da Instituição; de 2018 a 2020, atuou como Chefe de Gabinete da Reitoria e, desde então, atua como Assessor de Relações Internacionais do IFPR.

Escritor, com 7 livros publicados e vários capítulos de livros, é apaixonado pela educação e inovação, principalmente pela possibilidade de transformar o mundo em um lugar melhor por meio do conhecimento. Foi o idealizador do IFagroTECH®, o maior Workshop de Tecnologias Agroindustriais do Paraná (Marca Registrada do IFPR), que, desde 2017, vem expandindo suas ações. Também, é detentor de 15 pedidos de proteção intelectual em análise, com 8 inscrições no INPI de patentes e softwares concedidos.

“Podeis enganar toda a gente durante um certo tempo;

podeis mesmo enganar algumas pessoas todo o tempo;

mas não vos será possível enganar sempre toda a gente.”

ABRAHAM LINCOLN

“Libertei mil escravos.

Poderia ter libertado outros mil

Se eles soubessem que eram escravos. ”

HARRIET TUBMAN

À Isis, minha filha; Louise, minha esposa;
Odone, meu pai, e Ivone, minha mãe,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Nesse momento, estou dedicado a expressar minha gratidão para aqueles que ajudaram na minha formação técnica, mas também como pessoa. Nem todos estavam seguros para me ajudar na inovação da minha tese, mas, com certeza, estavam preparados para dar exemplos em minha vida. Confesso que aprendi muito profissionalmente e a qualificação deste período foi incrível, mas compreendi, de forma mais aprofundada, que muitos que estão ao meu redor são como “anjos” guiando meu caminho.

Gratidão, primeiramente, a Deus, pela oportunidade com que me presenteia a cada manhã, por acordar e correr atrás dos meus sonhos.

Gratidão aos meus pais, que se orgulham do primeiro a ter feito mestrado numa família de imigrantes que fugiu da Itália devido às guerras e destruição.

Gratidão à minha esposa, que me apoiou muito durante todos os meus estudos e trabalho intensos.

Gratidão à minha filha, Isis, que nasceu durante esses 4 anos de dedicação à minha edificação educacional.

Gratidão aos meus amigos do IFPR, visto que, entre um trabalho e outro, estavam sempre prontos para discutir um pouco mais sobre inovação e me fazer sonhar sobre como levar tecnologia de baixo custo aos agricultores da minha região.

Gratidão ao meu chefe imediato, professor, cantor, guerreiro, Reitor, mas, principalmente, amigo, que me ajudou como um verdadeiro pai neste período de muitas felicidades, mas também de muitas superações.

Gratidão à minha orientadora, professora Dr^a. Silvia Renata Machado Coelho, que me orientou não somente no meu projeto, mas me abriu os olhos e recolocou nos trilhos da pesquisa. Suas dicas, na tese, foram importantes tanto quanto seus conselhos para a vida. Tive mais que uma orientadora; tive uma mentora, uma incentivadora, um exemplo de superação e de que nunca devemos desistir de nossos sonhos.

Gratidão à banca, que muito colaborou tanto na qualificação quanto na construção do projeto e, também, ao inventor Henry Suzuki, pelos apontamentos e auxílio de grande valia.

Gratidão também a todos os colaboradores da UNIOESTE, desde o serviço de limpeza, que estava tornando possível o uso dos laboratórios e salas de aula; equipe da secretaria, que estava sempre atenciosa; o pessoal da cantina, que servia o café quentinho para os invernos frios nas salas de aula; todos os professores do PGEAGRI, enfim, a todos que puderam contribuir para que essa formação fosse integral para a minha vida.

E, por fim, agradeço ao IFPR, pela oportunidade e incentivo que proporciona a todos os servidores para a qualificação na busca de uma educação pública, inclusiva e de qualidade.

“Trabalhar com as mãos ensina muito” - Saramago.

Serafin, Cleber Fernando. Tecnologias para avaliação de ponto de colheita para citricultura e mecanismo para proteção intelectual. Orientadora: Silvia Renata Machado Coelho; Coorientador: Divair Christ. 2021. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – Paraná, 2021.

RESUMO

O mercado de frutas tem se aquecido nos últimos anos principalmente pelo incremento do poder aquisitivo da população, pelo interesse em alimentos menos processados e também pelo aumento da expectativa de vida, que impulsiona um consumo de alimentos mais saudáveis. A importância na determinação adequada do ponto de colheita e avaliação da qualidade de pós-colheita no setor de frutas tem crescido muito, seja pela percepção da redução de perdas, diminuição de custos, como também pela manutenção da qualidade do produto. Também, existe uma demanda de atribuição de graus de qualidade das laranjas, que é utilizada na diferenciação nos preços dos produtos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um pacote tecnológico composto de equipamento de leitura colorimétrica de frutos com baixo custo, transmissão de dados sem fio de longa distância, sensores de temperatura e umidade relativa do ar para a faixa de operação em condições de campo e programa de conversão de dados primários em conclusivos, com base no processador Arduino para a avaliação de pré e pós-colheita, bem como predição da qualidade de laranjas. Esse pacote tecnológico foi avaliado pela medição da maturação da laranja e sua correlação com a evolução da cor da casca com a quantidade de açúcares solúveis, acidez titulável e pH. A predição da cor do fruto foi utilizada para verificar a eficiência do protótipo, após avaliação de inventividade, com base na busca de anterioridade de equipamentos patenteados no Brasil por sistemas de buscas gratuitas, com termos tanto em português quanto em inglês. Foram avaliadas três proteções intelectuais no INPI e oito no Google Patents, sendo que, após análise, foi descartada a hipótese de serem semelhantes, indicando, portanto, o ineditismo desse protótipo. As leituras de coloração da casca de laranja do pacote tecnológico apresentaram forte correlação com equipamento de referência de uso laboratorial, indicando um possível uso industrial. Também, apresentou moderada correlação com a concentração de sólidos solúveis tituláveis, pH e acidez titulável e, portanto, sugere alto potencial de aumentar seu TLR (Grau de maturação tecnológica) com possibilidade de produção comercial. Apresentou grau de maturação tecnológica 6 completa, de acordo com a metodologia de Mankins, adaptada (que varia de 1 até 9). O custo de construção do pacote tecnológico foi aproximadamente 20 vezes mais barato que o equipamento de referência para uso em ambiente controlado. Toda a documentação obrigatória necessária para o registro da proteção intelectual do protótipo, a saber, título, relatório descritivo, quadro reivindicatório, desenhos e resumo, foi produzida. O programa de computador desenvolvido foi produzido exclusivamente para a transformação dos valores RGB (dados primários) em resultado de maturação de laranja, assim, por ser sui generis, foi extraído o código Hash, pois apresentou potencial de proteção intelectual.

Palavras-chave: laranjas, tecnologia baixo-custo, Arduino, protótipo, registro de proteção intelectual.

Serafin, Cleber Fernando. Harvest Point Assessment Technologies for citriculture and mechanism for intellectual protection Advisor: Silvia Renata Machado Coelho; Co-advisor: Divair Christ. 2021. 118 f. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – Paraná, 2021.

ABSTRACT

The fruit market has been growing in recent years mainly due to the increase in the population's purchasing power, the interest in less processed foods and also the increase in life expectancy, which drives the consumption of healthier foods. The importance of proper determination of the harvest point and evaluation of post-harvest quality in the fruit sector has grown a lot, whether due to the perception of loss reduction, cost reduction and also in the maintenance of product quality. There is also a demand for attributing quality grades to the oranges used to differentiate product prices. The objective of this work was to develop a technological package consisting of low cost colorimetric fruit reading equipment, long-distance wireless data transmission, temperature and relative humidity sensors for operating range under field conditions and conversion program of primary data in conclusive through Arduino processor for the evaluation of pre and post-harvest and prediction of the quality of oranges. This technological package was evaluated by measuring the orange ripeness and its correlation with the evolution of the peel color with the amount of soluble sugars, titratable acidity and pH. The prediction of the color of the fruit was used to verify the prototype's efficiency, after an inventiveness evaluation through the search for the antecedence of equipment patented in Brazil by free search systems with terms in both Portuguese and English. Three intellectual protections were evaluated at INPI and 8 at Google Patents, which after analysis were discarded the hypothesis of being similar, thus indicating the novelty of this prototype. The orange peel color readings from the technological package showed a strong correlation with reference laboratory equipment, indicating a possible industrial use. It also showed a moderate correlation with the concentration of titratable soluble solids, pH and titratable acidity and, therefore, suggests a high potential to increase its TLR (Degree of Technological Maturity) with the possibility of commercial production. It presented a complete degree of technological maturation according to the adapted Mankins methodology (ranging from 1 to 9). The construction cost of the technology package was approximately 20 times cheaper than the reference equipment for use in a controlled environment. All the mandatory documentation necessary for the registration of the prototype's intellectual protection: title, descriptive report, claim table, drawings and abstract were produced. The developed computer program was produced exclusively to transform RGB values (primary data) into orange maturation results, and because it is sui generis, the Hash code was extracted because it presented potential for intellectual protection.

Keywords: oranges, low-cost technology, arduino, prototype, intellectual protection record.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos específicos	18
2.3 Hipótese	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 A laranja	19
3.1.1 Status da produção de Citrus no Brasil	19
3.1.2 Breve histórico da citricultura no Brasil	20
3.1.3 O valor social da produção da cultura de citrus.....	20
3.2 Fatores que afetam a qualidade da laranja	21
3.2.1 Aspectos gerais	21
3.2.2 Características físico-químicas e químicas	21
3.3 Fisiologia e maturação de frutas cítricas	26
3.3.1 Classificação e aspectos gerais das frutas cítricas	26
3.3.2 Desenvolvimento de frutos.....	26
3.3.3 Atividade respiratória	27
3.3.4 Produção e resposta ao etileno.....	28
3.3.5 Padrão respiratório da laranja.....	29
3.3.6 Ponto de colheita da laranja.....	30
3.4 Qualidade pós-colheita de laranja.....	31
3.5 Tecnologia Arduino na agricultura.....	31
3.5.1 Pesquisa de inovação tecnológica na colheita de frutas	31
3.5.2 Tecnologias acessíveis de baixo custo	32
3.5.3 Características da plataforma Arduino	33
3.5.4 Automação de microcontroladores.....	34
3.5.5 Microcontroladores ou microprocessadores.....	34
3.5.6 Comunicação de dados	35
3.6 Impacto da tecnologia na colheita de frutos	36
3.7 Grau de maturação de inovação	36
4- MATERIAL E MÉTODOS	39

4.1 Amostras	39
4.2 Desenvolvimento do pacote tecnológico de baixo custo para determinação do ponto de colheita da laranja através da coloração da casca da laranja	39
4.2.1 Sensor de cor	42
4.2.2 Delineamento experimental do sensor de cor	46
4.2.3 Display de informações do protótipo	47
4.2.4 Transmissão de longa distância Lo-Ra 32	47
4.2.5 Programa de computador	48
4.3 Análises físico-químicas.....	48
4.4 Busca de anterioridade	49
4.4.1 Sessão G	50
4.4.2 Sessão G Classe 01	51
4.4.3 Sessão G Classe 01 Subclasse J	52
4.4.4 Sessão G Classe 01 Subclasse J Grupo 3/00.....	52
4.4.5 Sessão G Classe 01 Subclasse J Grupo 3 Subgrupo 0202	53
4.5 Análise estatística	53
4.5.1 Comparação entre leitor de cor de equipamento de referência comparado ao protótipo	53
4.5.2 Análise estatística da relação da coloração mensurada com o protótipo e o pH, ácido cítrico e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja.....	54
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 Comparação entre leitor de cor de equipamento de referência comparado ao protótipo	55
5.2 Relação da coloração mensurada com o protótipo e o pH, acidez titulável e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja.....	57
5.2.1 Análise da relação dos sólidos solúveis tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.....	57
5.2.2 Análise da relação da acidez titulável e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo	59
5.2.3 Análise da relação do pH e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.....	62
5.2.4 Análise da relação da coloração mensurada pelo protótipo e o pH, acidez titulável e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja	64
5.2.5 Análise da relação da coloração mensurada com o equipamento de referência e o pH, acidez titulável e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja	65
5.3 Pacotes tecnológicos utilizados para colheita de frutas	66
5.4 Pesquisas de tecnologias na agricultura	67
5.5 Comparação de tecnologia do equipamento disponível no mercado X pacote tecnológico de baixo custo para uso em laranja	70
5.6 Comparação com o custo do equipamento disponível no mercado X pacote tecnológico de baixo custo para uso em laranja	71

5.7 Quesitos para patenteabilidade.....	72
5.7.1 Distinção do tipo de pedido de proteção	72
5.7.2 Requisitos para o pedido de proteção de modelo de utilidade	73
5.7.3 Dados para o quadro reivindicatórios da patente do experimento.....	73
5.7.4 Resultado da classificação e análise de semelhanças	75
5.7.5 Resultados do eixo tecnológico e da busca de anterioridade.....	75
5.7.6 Avaliação dos quesitos de patenteabilidade.....	79
5.7.7 Avaliação do Registro do Programa de Computador	80
5.7.8 Análise do TLR do protótipo.....	81
6- CONCLUSÕES	84
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
8- REFERÊNCIAS.....	87
9 APÊNDICE	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Análise da correlação e do erro médio do teste.....	55
Tabela 2 Análise de variância do teste: fator único.....	56
Tabela 3 Análise da relação dos sólidos solúveis tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.....	57
Tabela 4 Análise da relação acidez titulável e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.....	60
Tabela 5 Análise da relação do pH e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.....	62
Tabela 6 Análise estatística da coloração mensurada com o protótipo como variável dependente e 3 variáveis independentes: pH, acidez titulável e sólidos solúveis; regressão linear múltipla por mínimos quadrados generalizados, teste F e teste t-Student.	64
Tabela 7 Análise da relação significativa da coloração mensurada com o protótipo como variável e o pH, acidez titulável e sólidos solúveis.	65
Tabela 8 Análise estatística da coloração mensurada com o equipamento de referência como variável dependente e 3 variáveis independentes: pH, acidez titulável e sólidos solúveis; regressão linear múltipla por mínimos quadrados generalizados, teste F e teste t-Student.	66
Tabela 9 Orçamento de componentes para construção do protótipo de baixo custo para colheita de laranja.	71
Tabela 10 Resultados de aplicação de filtros de busca de patentes no Google Patents (Fonte: Google Patents, 2021).....	76
Tabela 11 Patentes relacionadas com a inovação do protótipo. (Fonte: Google Patents 2021).	77
Tabela 12 TLR pela metodologia Mankins adaptada pelo DoD (Department of Defense) (Fonte: DoD, 2005).	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Aceitação de produto para frutas frescas, adaptado (TIJSKENS E SCHOUTEN, 2009).	31
Figura 2 Os três tipos de modulação (VASCONCELOS, 2017).	35
Figura 3 Escala TRL/MRL de maturação em inovação (adaptada: MANKINS, 1995).....	38
Figura 4 Laranjas (<i>Citrus sinensis</i>) cultivar ‘Pêra’ de Capanema – Pr.	39
Figura 5 Estrutura de conexão dos sensores e placas Arduino para leituras de temperatura/umidade.....	40
Figura 6 Estrutura de conexão dos sensores e placas Arduino para leituras de temperatura/umidade.....	41
Figura 7 Arquitetura do protótipo (energia, sensores, display, transmissão e processamento).	41
Figura 8 Equipamento de sensoriamento de comprimentos de onda da luz visível TCS3200 (TAOS, 2011)	43
Figura 9 Responsividade dos fotodiodos do componente TCS3200. Adaptado de TAOS (2011).	44
Figura 10 Caracterização da distribuição espectral de potência relativa da fonte iluminante do protótipo e do padrão D65. Adaptado de WAYJUN (2011).	44
Figura 11 Leitura da coloração da casca de laranja. Fonte: próprio autor (2020).	45
Figura 12 Esquema de arquitetura para o sensor TCS32000.	45
Figura 13 Equipamento ligado – sensor de luz visível TCS32000.	46
Figura 14 Espectrofotômetro CM-600d (KONICA-MINOLTA, 2008).	46
Figura 15 Espectrofotômetro CM-600d (KONICA-MINOLTA, 2008).	47
Figura 16 Display OLED 0.96" I2C Azul Amarelo (LANMU, 2018).	47
Figura 17 WiFi BLE Lo-Ra32 (LANMU, 2018).....	48
Figura 18 Organograma das análises físico-químicas.	49
Figura 19 Modelo de construção da classificação da patente da inovação do protótipo.	53
Figura 20 Comparação do equipamento padrão com o protótipo desenvolvido.....	55
Figura 22 Equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R ²) e o coeficiente de relação (R) da relação de sólidos solúveis tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.	59
Figura 23 Equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R ²) e o coeficiente de relação (R) da relação da acidez tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.....	61

Figura 25 Alteração do pH de acordo com o passar dos dias de maturação. Fonte: Mattos et al. (1999).....	62
Figura 24 Equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R ²) e o coeficiente de relação (R) da relação de pH e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.	63
Figura 26 Leitura de tomate cereja com protótipo Arduino (Nunes, 2015)	67
Figura 27 Relação entre a umidade relativa do ar e a acurácia de leitura de equipamentos medidores de cor (Fonte: Nunes, 2015).	70
Figura 28 Colorímetro Digital RGB HSL (Fonte: Lutron, 2021).....	70
Figura 29 Colorímetro Digital CR-41T (Fonte: Konica Minolta, 2008)	71
Figura 30 visão frontal/lateral do Colorímetro portátil com tecnologia Arduino para detecção de ponto ótimo de colheita de laranja.	74
Figura 31 visão posterior do Colorímetro portátil com tecnologia Arduino para detecção de ponto ótimo de colheita de laranja com indicativo da disposição da placa Arduino na parte inferior do desenho, sistema de alimentação de energia na arte superior do desenho, espaço para os sensores na parte intermediária do equipamento.	75
Figura 32 Detalha o registro das 24 patentes no intervalo de 4 em 4 anos desde 2001 para os pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).....	76
Figura 33 Detalha o registro das 24 patentes com relação a quem está atribuído o pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).	76
Figura 34 Detalha o registro das 24 patentes com relação ao eixo tecnológico do pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).	77
Figura 35 Detalha o registro das 24 patentes com relação ao inventores no intervalo de 4 em 4 anos desde 2001 para os pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).	77
Figura 36- Resultado da ficha de consulta de registros de patentes no INPI (Fonte: INPI, 2021).	78
Figura 37 Método de TRL de Mankins adaptado pela Embrapa para tecnologias aplicadas na agricultura (Fonte: EMBRAPA, 2015)	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM amplitude modulation

ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASK amplitude shift keying

ATT acidez total titulável

°C graus celsius

CIP Classificação Internacional de Patentes

CMOS circuito de metal semi-condutor

CPC Classificação de Patentes Cooperativo

DAMax desvio absoluto máximo

DAMin desvio absoluto mínimo

DoD Departamento de Defesa Americano

EM erro percentual médio

EMA erro absoluto médio

ρ coeficiente de Pearson)

EPO European Patent Office

FDA Food and Drug Administration

FM frequency modulation

FR rádio frequência

FSK frequency shift keying

Fundecitrus Fundação de defesa da citricultura

INPI Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

IOT internet das coisas

KHZ kilohertz

LACON Laboratório de Controle de Qualidade de Produtos Agrícolas

LCD tela de cristal líquido

LED diodo emissor de luz

Lo-Ra longa distância

LPI Lei de Proteção Intelectual

LPWAM rede de longa distância de baixa portência

MRL níveis de preparação para fabricação

NASA Agência Espacial Norte Americana

NIR infravermelho próximo

NIT Núcleo de Inovação Tecnológica

OLED diodo orgânico emissor de luz

PSK chaveamento de mudança de fase

PPM partes por milhão

RGB leitura do vermelho, do verde e do azul

RGB-D leitura do vermelho, do verde e do azul com profundidade

RSSF rede de sensores sem fio

RX receptor

SSD memória em estado sólido

SST sólidos solúveis totais

SST/ATT relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável

TRL nível de preparação tecnológica

UNIOESTE Universidade Estadual do Oeste do Paraná

USA Estados Unidos da América

USPTO United States Patent and Trademark Office

V volts

1 INTRODUÇÃO

Existe uma necessidade de mensurar de forma mais técnica o ponto de maturação de frutos no campo e vida útil para armazenamento. Hoje, na maioria das vezes, é um procedimento subjetivo que necessita de larga experiência e que não permite reprodutibilidade com facilidade. Apesar de existirem equipamentos no mercado, são caros e acabam não resolvendo a necessidade dos pequenos agricultores.

Mesmo que exista um conjunto de aspectos que o consumidor utiliza para avaliar a qualidade ideal no ponto de colheita da laranja', como tamanho, forma e firmeza", a cor é o primeiro atributo a ser examinado e, na indústria, não é diferente, porque o produto deve sair do campo no momento certo para que possua e mantenha os atributos de qualidade ideais ao processamento.

Como o Brasil é líder na exportação de laranja, o fruto deve ser colhido em um momento ainda mais preciso, pois a distância, muitas vezes, é longa e precisa-se de muito tempo para o transporte, fazendo com que o fruto tenha que ser colhido prematuramente e sua maturação seja finalizada durante o transporte, a fim de que chegue ao destino detendo as qualidades exigidas pelo comprador.

Dentre as várias técnicas possíveis para a determinação precisa do ponto de colheita, a colorimetria é utilizada com muito mais adesão e destaca-se no uso de produtos agrícolas e alimentos. Dentre suas principais vantagens, está a versatilidade, principalmente por se tratar de uma análise não destrutiva. Técnicas não destrutivas permitem determinar as características da fruta, como estágio da maturação sem a necessidade de retirada da amostra, conseqüentemente, sem comprometimento do vegetal, com a vantagem de detecção sem necessidade de utilização de compostos químicos reagentes, que, além de encarecerem o processo de análise, também podem gerar impactos ambientais. Outra vantagem do uso de técnicas de maturação por colorimetria é que dispensam o uso de vidrarias ou equipamentos complementares, facilitando o procedimento de análise.

Diversos pesquisadores têm se dedicado à melhoria dessa técnica para uso na agricultura, mas poucos têm se preocupado com a possibilidade desse equipamento estar acessível aos pequenos agricultores.

A coloração dos frutos está atrelada a seu estágio de maturação e, em muitas vezes, relacionada como adjetivo importante na qualidade desse referido vegetal, apesar de muitos leigos considerarem que sua relação contribui mais especificamente a uma boa aparência, já que influencia diretamente a preferência de compra pelo consumidor final.

No processo de amadurecimento dos frutos, a preponderância está em suportar alguma mudança na tonalidade, principalmente em seu envoltório, o que se denota imprescindível à detecção do estágio de maturação para determinação mais adequada da colheita. Não somente esse, mas outros atributos também podem ou até devem ser

observados para a determinação do estágio de maturação, como consistência, acidez e sólidos solúveis totais. Mas, de antemão, já identificamos que são métodos destrutivos e que necessitam, ainda, de mais tecnologia para detecção, o que afasta certamente o acesso do agricultor, principalmente, o de pequenas propriedades.

Estudos realizados em tomate (FERREIRA, 2012) não apresentaram diferenças significativas do estágio de maturação na comparação do resultado apresentado pela coloração da casca e teor de sólidos solúveis totais, mesmo utilizando 5 estágios diferentes de maturação.

O desenvolvimento de colorímetros portáteis, de fácil manuseio e principalmente de baixo custo é importante e urge para o aumento de rendimento do pequeno agricultor ou microagroindústrias, já que esses equipamentos comerciais possuem um valor alto impeditivo para a grande maioria.

As avaliações rotineiras de maturação de frutos independem apenas de conhecimento empírico e começarão a qualificar de forma tecnológica com o desenvolvimento desses equipamentos de baixo custo.

A popularização de equipamentos de detecção de estágio de maturação poderá beneficiar os pequenos agricultores, miniagroindústrias, pequenos comércios e até mesmo laboratórios de pequeno porte. Isso porque vai oportunizar análises rotineiras de forma instrumental de frutas, evitando perdas pela degradação da qualidade, pelo efeito temporal de armazenagem, alterações por elevação de temperatura, danos por fotólise, excesso de frio, entre outros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver pacote tecnológico de baixo custo para identificação de período mais adequado na colheita de laranja, baseado na correlação da cor da casca, comparado com equipamento de referência.

2.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver colorímetro de baixo custo, baseado em tecnologia Arduino, para coleta de dados e avaliação do ponto ideal de colheita de laranja, baseado na coloração da casca do fruto.
- b) Desenvolver sistema transmissor de longo alcance e baixo custo, baseado em tecnologia Arduino para envio de dados, a fim de avaliar o ponto ideal de colheita de laranja.
- c) Desenvolver softwares de coleta de dados para avaliação e armazenamento de informações sobre a coloração da casca da laranja.
- d) Validação do protótipo de avaliação de coloração da casca de laranja, comparando com equipamento portátil de referência e com pH, acidez titulável e sólidos solúveis.
- e) Pesquisar anterioridade do invento e avaliação de capacidade inovativa para depósito de propriedade intelectual no INPI (Softwares e equipamentos).

2.3 Hipótese

A estimativa da vida útil remanescente pós-colheita da laranja pode ser tecnicamente viável a partir do monitoramento, baseado em um pacote tecnológico de rede de sensores sem fio, no qual são utilizados dados para a predição da senescência, com foco na maturação como precursora da evolução da coloração externa dos frutos.

O uso de leituras técnicas que informem com mais precisão dados fisiológicos embasa a hipótese descrita e a inovação do trabalho que consiste em transpor algumas barreiras tecnológicas para tornar tecnicamente viável a estimativa da vida útil remanescente de laranja na cadeia de distribuição pós-colheita.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A laranja

3.1.1 Status da produção de Citrus no Brasil

O Brasil vem ampliando e principalmente aprimorando a atividade da cadeia citrícola e isso resulta em crescimento desse espaço no agronegócio brasileiro. Destaca-se por possuir certificação em viveiros e também em mudas; ademais, pela fabricação de sucos cítricos e disposição no mercado exterior principalmente americano, Ásia e também União Europeia (NEVES, 2010).

Apesar do Brasil ser líder mundial na produção de laranja, sua produtividade está na décima posição, pois o setor é muito competitivo com falta de investimentos, o que poderia impulsionar as exportações melhorando o ciclo produtivo (KIRINUS, 2018).

O Brasil destaca-se no mundo como maior exportador de laranjas, mas também se sobressai como número um na produção de suco de laranja. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA (2019), o país representou, em 2019, 81,5% do comércio mundial de suco de laranja, seguido de China, União Europeia, Estados Unidos e México, o que totaliza 13 milhões de toneladas. Praticamente, 4 garrafas de suco de laranja, de cada 5 consumidas no mundo, são produzidas no Brasil. Além disso, o suco de laranja é a bebida oriunda da fruta mais consumida no mundo, representando cerca de 35% entre os sucos.

Cada dia mais, o agronegócio aprimora-se e, de forma eficiente, tem procurado uma exímia coordenação entre os atores principais, requerendo maior estruturação para chegar mais facilmente ao mercado consumidor. Apesar de até o momento cortejarmos todo o potencial nacional dessa cultura, parte dessa abundância está vinculada aos pequenos produtores, que é foco desta pesquisa, visto que necessitam de melhorias, principalmente tecnológicas, para que a concorrência do mercado nacional não acabe por deixar os preços impraticáveis, com perda da competitividade (MILOCA *et al.*, 2005).

Uma forma de contornar toda essa disparidade é por meio de cooperações agropecuárias, pois aumentam a eficiência dos pequenos agricultores, possibilitando uma competição mais igualitária com os grandes players do mercado. Esse processo solidário oportuniza, de forma eficiente, com base na gestão realizada pelos próprios demandantes, a utilização de estratégias mais regionalizadas e específicas, gerando melhores resultados (FERREIRA, 2009).

3.1.2 Breve histórico da citricultura no Brasil

Diretamente de terras espanholas, os portugueses trouxeram a laranja, durante o período colonial, já que a população era assombrada com uma doença que causava sangramento de gengiva, hematomas e fraqueza, o escorbuto. Como a laranja é excelente e barata fonte de vitamina C, foi utilizada para diminuir a mortalidade dos tripulantes durante as longas viagens de navios naquele período (NEVES; JANK, 2006). Como as árvores tinham uma excelente adaptação ao solo e ao clima, foram espalhadas pelo litoral, mas tal produção se propagou com maior intensidade na região centro-sul.

Já na década de 80 do século XIX, as produções de culturas cítricas haviam sido iniciadas com peso relevante na produção agrícola, principalmente pelas vendas ao exterior do fruto laranja pelo Estado carioca. Com a proximidade de São Paulo, outro grande centro consumidor, já se estabelecia estruturalmente um núcleo importante para estimular o desenvolvimento e investimentos na área (MONTENEGRO, 1958).

Outrora, também o fator climático amparava o desenvolvimento e condições ótimas para a qualidade do fruto. Já no início do século seguinte, a venda para a Argentina e para a Europa alavancou a expansão das áreas destinadas a esse fruto. Uma grande crise causou um apagão no consumo do fruto e suco principalmente durante a Segunda Guerra Mundial, que praticamente fechou a exportação de fruta in natura para o mercado Europeu e quase ocasionou um colapso na cultura, fazendo o produto ser vendido por preço de custo para que as pragas não tomassem conta dos pomares.

Mas, o detalhe é que aí surgiu a oportunidade do processamento da laranja produzindo o suco, ou seja, cada crise e obstáculo acabava por criar novos caminhos. Já em São Paulo, hoje protagonista da produção, apenas após a crise cafeeira, tornou-se uma opção lucrativa e altamente adaptável às condições edafoclimáticas (BORGES; COSTA, 2005)

3.1.3 O valor social da produção da cultura de citrus

Como se trata de uma atividade produtiva de alta exigência de trabalho manual, denotadamente quando se refere ao processo de colheita, é responsável também por alto impacto econômico onde essa atividade predomina.

Se for considerar um recente levantamento, realizado pela Fundecitrus, 12 mil fazendas localizadas em 350 municípios de São Paulo e no Triângulo Mineiro, concentram mais de 425 mil hectares dessa cultura, gerando um Produto Interno Bruto de aproximadamente 6,5 bilhões de dólares, além de empregar aproximadamente 200 mil trabalhadores diretos e indiretos.

3.2 Fatores que afetam a qualidade da laranja

3.2.1 Aspectos gerais

Quando se observa a qualidade de um fruto, nem sempre esse se caracteriza por uma particularidade bem definida, mas sim um agrupamento de vários atributos ou predicados do produto. A qualidade abrange características sensoriais, como sabor, aroma, aparência, firmeza; valor nutritivo e funcional, derivada da composição bioquímica; propriedades mecânicas principalmente relacionado com a presença ou de defeitos (principalmente estéticos) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A qualidade dos frutos que precede a colheita, tanto quanto a qualidade e quantidade de compostos químicos, decorre notavelmente por fatores inerentes, tais como gênero, espécie e cultivar, e extrínsecos, como do tipo de solo, irrigação, nível de radiação solar, espaçamento, bem como manejo no controle de pragas e doenças (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001). A qualidade é capaz de alterar também com a forma de armazenamento, processo de comercialização e, sobretudo, com a aplicação ou aproveitamento final do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A laranja possui diferente composição química com a alteração dos fatores anteriormente mencionados, tanto quanto do estágio de maturação do fruto. A quantidade de vitamina C (ácido ascórbico) e outras propriedades inerentes à qualidade da laranja, como a cor do fruto (epiderme), peso e o tamanho, teor de sólidos solúveis e pH da polpa, presumem a ausência de uniformidade de semelhança gênica entre as árvores da mesma área, por características edafoclimáticas, além de incidência de doenças ou trato da cultura (NOGUEIRA, 2002).

Para manter a qualidade dos frutos, principalmente a fim de conservar a qualidade (a aparência, sabor, textura e valor nutritivo), é essencial a aplicação de ações e técnicas adequadas de tratamento pós-colheita, propiciando a segurança do alimento e relativamente minimizando as perdas na cadeia de suprimento; por conseguinte, é possível prorrogar a vida pós-colheita (ARPAIA; HOFSHI, 1998).

3.2.2 Características físico-químicas e químicas

3.2.2.1 Perda de massa

A massa, rendimento, forma e coloração, além de outras características, são determinantes físicas utilizadas para detectar o grau de maturação da laranja; é muito importante para a identificação do momento mais propício à colheita, já que ponderam a qualidade do produto, bem como um fator de tomada de decisão pelo consumidor final

(CHITARRA; CHITARRA, 2005). No caso da laranja, o seu grau de maturação e/ou desenvolvimento está diretamente conjecturado, de formar linear à massa do fruto, ou seja, quando apresenta tendência a perder massa fresca, em decorrência do maior teor de umidade e de maior permeabilidade da casca (KAYS, 1997).

A diminuição de sua massa durante o processo de armazenamento da laranja acontece notavelmente pela variedade, tamanho, características intrínsecas do fruto, como estrutura e temperatura. Mas também a diminuição de sua massa pode ser ocasionada pela umidade relativa do ar, velocidade de circulação do ar e da temperatura do local de armazenamento. Detalhe importante é que nem toda diminuição de massa da laranja é devido à desidratação, pois o processo de respiração, que ocorre na laranja mesmo após ser colhida, certamente, colabora com essa alteração. Detalhando a atividade respiratória, vale salientar que a água produzida na reação de respiração pela combustão do açúcar é incorporada ao teor de hidratação celular e pode participar do processo de quebra do amido ou outros compostos químicos, ocasionando a diminuição de matéria seca (SILVA *et al.*, 2000). Bioquimicamente, quando ocorre a respiração, compostos orgânicos principalmente ácidos e carboidratos são decompostos, produzindo quantidades de gás carbônico que são liberadas para fora do fruto, resultando numa diminuição de massa (CALBO *et al.*, 2007).

A diminuição da massa da laranja está diretamente relacionada à deterioração, já que essa desidratação proporciona não apenas perdas em relação ao peso (quantitativas), mas gera também problemas estéticos (qualitativos), a exemplo do murchamento e enrugamento do fruto. Também, é possível citar perda na qualidade textural, como o amaciamento, do frescor e suculência da laranja, além da diminuição da qualidade nutricional (VALE *et al.*, 2006). Para Chitarra e Chitarra (2005), os sintomas de murcha com prejuízo na aparência externa ocorrem quando a perda de massa ultrapassa 10%.

3.2.2.2 Resistência à compressão

Muitas frutas são analisadas de forma técnica ou até mesmo coloquialmente testando sua resistência à compressão por aplicação de pressão física; esse método é aplicado a muitas outras frutas além da laranja (MDITSHWA *et al.*, 2017). As mudanças que ocorrem dentro das células e também fora dela, como alteração da parede celular e redução pressostática do turgor (mudança de textura que altera os sólidos na parede celular), são alguns dos responsáveis pela diminuição da resistência à compressão (PONCE, 2010).

Enzimas também podem realizar reação de quebra por meio da água (hidrólise), que aumenta a dissolução da pectina; podem, ademais, ser responsáveis pela diminuição da resistência com o passar do tempo pós-colheita (SILVA, 2009). Já para prolongar a resistência da laranja pós-colheita, é importante ajustar o processo de transpiração, já que irá reter maior quantidade de água (VICENTE, 2007). Também, é importante salientar que é longo o caminho

desde o produtor até o consumidor final do produto e que também está muito relacionado com o “drama” enfrentado na redução da resistência da laranja na pós-colheita, já que somos exportadores e o tempo é longo até a chegada (MDITSHWA *et al.*, 2017).

De forma menos técnica, usando a experiência, é possível avaliar a vida útil pós-colheita e também o ponto ideal de colheita da laranja por meio da compressão do fruto, mas, certamente, trata-se de um dado impreciso e que necessita de tempo para a calibração adequada dessa percepção com maestria (MOURA *et al.*, 2013).

3.2.2.3 Coloração da epiderme

Quando se discute pelo ponto de vista do consumidor final, esse é provavelmente o fator decisivo na decisão de compra, pois, antes mesmo de tocar o fruto, já foi atraído e motivado à aquisição por conta da cor da laranja (BRUNINI, 2004).

A intensidade da coloração propicia uma conotação de sabor e quantidade de açúcares, portanto, definitivo também para a mensuração do preço médio do produto. Ocorre uma maior aceitabilidade se estiver mais próxima da cor que corresponde ao ponto máximo de maturação para o olhar atento do consumidor (MDITSHWA *et al.*, 2017).

A cor da casca, de maneira não uniforme, ou manchas na coloração, provocadas pelo excesso de radiação solar, somatizadas com a firmeza e textura, são fatores extremamente utilizados pelos consumidores finais, como percepção de qualidade do produto para consumo (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Considerando que existem muitas diferenças entre os cultivares frutíferos e que o mesmo cultivar, plantado em regiões diferentes, possui características peculiares na tonalidade da casca dos frutos, sabe-se que isso ocorre de forma semelhante na laranja (COLLINS; PLUMBLY, 1995).

A composição da coloração da epiderme dos frutos está principalmente relacionada com os três mais comuns nos vegetais: a clorofila, os carotenoides e as antocianinas. A alteração da coloração entre os mesmos cultivares está atribuída à concentração desses compostos químicos e também relacionado à composição do solo, que irá fornecer os precursores químicos em cada situação (KAYS, 1997). Para cada cultivar de laranja, padrões de coloração são esperados em cada região onde é produzida de forma próxima, mas diferente (LIMA, 2003).

3.2.2.4 Textura

Um dos atributos mais relevantes na laranja é a qualidade da textura do fruto, pois, além dessa estrutura tecidual interferir na liberação de compostos presentes no produto, perceptíveis pelo paladar, também se relaciona com o tato do consumidor no momento da

aquisição. O aumento da maciez, durante o processo de amadurecimento, permeia a maioria dos frutos, constituindo o principal atributo de qualidade, o qual normalmente prediz sua vida útil. Esse adjetivo é uma conciliação de sensações originadas dos lábios, língua, mucosa da boca, dentes e ouvido. Em cada situação, pode haver ínfimas alterações de pressão e apresentar respostas diferentes a cada atributo ou característica do produto. O conglomerado das impressões obtidas na mastigação é judicioso pela aceitação ou rejeição do produto. A textura é estabelecida como o conjunto de propriedades do alimento, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato, que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob a aplicação de uma força. Essas características são avaliadas objetivamente por funções de força, tempo e deformação (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

3.2.2.5 Sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT

Como a qualidade da laranja para consumo in natura e/ou a produção de suco de laranja de alta qualidade necessita de frutos, também com alta qualidade, esses adjetivos são avaliados por meio das suas características físicas e químicas. As características físicas e químicas dos frutos variam durante o período de maturação; essa variação depende, entre outros fatores, das condições meteorológicas durante a formação e maturação dos frutos.

Em relação à qualidade de sabor da laranja, o fator que mais importa é a quantidade de sólidos solúveis, que estão presentes, bem como quantidade de ácido que é titulável e, conseqüentemente, sua relação (MAGWAZA; OPARA, 2015). Com o passar da maturação, principalmente as laranjas, são notoriamente conhecidas por diminuir o sabor ácido e aumentar a quantidade de sabor doce.

Tecnicamente falando, os sólidos solúveis são a parametrização da quantidade de açúcares apresentada no fruto, já que esses fatores são diretamente proporcionais. Importante salientar que outros sólidos também são solúveis e, apesar de estarem em menor quantidade, como ácidos orgânicos, vitaminas hidrossolúveis, pectina e alguns compostos fenólicos, podem compor entre 10% e 15% desse montante (CHITARRA; ALVES, 2001).

Quando ocorre uma diminuição da quantidade de ácidos tituláveis e conseqüentemente um aumento na quantidade de sólidos solúveis, diretamente, isso afeta positivamente a razão SS/AT, que resulta numa maior aceitação da laranja pelo consumidor final e aumento da sua capacidade de mercado (FIGUEIREDO, 2000). Pesquisas demonstram que, quanto maior a razão SS/AT, evidencia-se uma melhor capacidade de venda de frutos (NASSER; ZONTA, 2014).

Os citros são frutos não climatérios e não apresentam um ponto claro que indique sua maturação, pois o amadurecimento é caracterizado pelo aumento gradual do suco, decréscimo do teor de acidez e aumento da quantidade de sólidos solúveis e do “ratio” (é a

razão entre as porcentagens de sólidos solúveis totais e de acidez titulável, conhecida como índice de maturidade) (AGUSTÍ *et al.*, 1994).

Durante a maturação dos frutos, ocorrem transformações químicas (reações químicas) que promovem a alteração da composição. Quando o processo está na fase final, ocorre a acumulação de água que acaba por diluir o ácido cítrico, diminuindo sua concentração e também aumentando o peso do fruto.

A composição química dos frutos varia durante o seu desenvolvimento. No final do processo, o peso aumenta e a concentração de ácido cítrico diminui, como consequência da diluição de água acumulada. A concentração de açúcares no suco aumenta até próximo da maturação, sendo que, a partir daí, contribui pouco para o aumento da relação entre Brix e acidez. Assim, quando chega à maturação, em que já se percebeu um aumento do peso do fruto, não haverá grandes alterações em suas características (AGUSTÍ; ALMELA, 1991).

Em nosso país, mesmo considerando o pequeno consumo de suco (5% do total da produção nacional), denota-se a clara predileção para sucos com “ratio” acima de 14. Entretanto, o processamento do fruto já pode ser iniciado com o “ratio”, que está no intervalo de 12 - 13, embora as indústrias tenham preferência no intervalo entre 15 e 18 (MARCHI, 1993).

3.2.2.6 Compostos bioativos

Os alimentos funcionais ou nutracêuticos contêm os chamados compostos bioativos, ou seja, os elementos que são capazes de atuar diretamente na prevenção e no tratamento de doenças. A importância funcional desses compostos para a saúde humana tem levado inúmeros pesquisadores a realizarem estudos buscando determinar as concentrações desses elementos nos alimentos e, em especial, nos frutos, como acerolas (MELO, 2006).

As laranjas, foco de nossa pesquisa, são notadamente identificadas como fonte de vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos detentores de grande ação antioxidante tanto no suco quanto em seus subprodutos, como um derivado interno da casca chamado albedo (mesocarpo), que é usado tanto in natura quanto em produtos específicos com atividades funcionais para o reestabelecimento da saúde. Os compostos bioativos do albedo têm efeito antioxidante e podem ser utilizados para doenças degenerativas, até mesmo, no combate ao câncer (SILVA JUNIOR, 2016).

3.2.2.7 Ácido ascórbico

Com nome científico de ácido L-ascórbico, deriva da palavra arcaica scorby, da língua inglesa, que se relaciona com a capacidade de combater o escorbuto que a vitamina C possui, chamada na sua descoberta de ácido hexurônico. Existem relatos de seu uso desde 1500

anos a.C., pelo povo egípcio. Todavia, as grandes navegações evidenciaram a dependência da substância, pois geravam manifestações hemorrágicas nos marinheiros até culminar na morte.

Em 1933, cientistas sintetizaram a vitamina C e comprovaram que possuía a mesma atividade biológica da vitamina natural; o prêmio Nobel de Química, concedido a Linus Pauling, popularizou o uso principalmente sobre a potencialização do sistema imunológico, o que ainda não está comprovado. Também, devido à especulação da importância da vitamina C no metabolismo da glicose e pelos seres humanos serem incapazes de produzir essa substância, é tão imprescindível essa ingestão. Como o custo da vitamina C sintética é maior que consumir a fruta in natura, bem como pela falácia da cultura popular de que a fruta “não possui química”, acabam por incrementar o seu consumo, principalmente quando indicado para combate ou prevenção da gripe (ROSA *et al.*, 2016).

3.3 Fisiologia e maturação de frutas cítricas

3.3.1 Classificação e aspectos gerais das frutas cítricas

As frutas cítricas apresentam comportamento respiratório não-climatérico e baixo metabolismo, o que favorece o seu processamento sem alterações fisiológicas significativas; não apresentam problemas de escurecimento enzimático; a polpa possui baixo pH, o que restringe o desenvolvimento de bactérias patogênicas; e a parte suculenta está contida em vesículas, o que restringe o extravasamento do suco (LATIMER JUNIOR, 2012).

Uma compreensão do manejo pós-colheita de plantas hortícolas exige uma percepção de que frutos e hortaliças são estruturas vivas. Mesmo após a colheita, as reações metabólicas continuam mantendo os sistemas fisiológicos que estavam presentes quando o fruto era ligado à planta. Após a colheita, ocorrem perdas de carboidratos por meio do processo respiratório, desencadeando o início da deterioração, o que torna os frutos e hortaliças perecíveis (WILLS; GOLDING, 2016).

3.3.2 Desenvolvimento de frutos

O ciclo de desenvolvimento de um fruto pode ser dividido em quatro fases fisiológicas: (1) crescimento; (2) maturação; (3) amadurecimento; e (4) senescência. Entretanto, não existe distinção clara entre as fases. O desenvolvimento, que compreende a formação, crescimento e maturação das plantas e seus órgãos, é responsável por uma série de mudanças em processos fisiológicos e bioquímicos geneticamente programados, resultando na senescência e morte celulares.

O crescimento é uma parte do desenvolvimento em que ocorre acúmulo de carboidratos e água, a divisão e expansão celular, o que define o tamanho final do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A maturação começa geralmente após o crescimento e inclui modificações químicas nos frutos (CORRÊA, 2000). As principais mudanças que acontecem na maturação são o aumento de volume, desenvolvimento de sementes, mudanças de cor, alterações de taxas respiratórias, textura, produção de etileno, alterações na permeabilidade dos tecidos, mudanças químicas nos carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, fenólicos, pigmentos e pectina, bem como produção de substâncias voláteis.

O amadurecimento, termo reservado aos frutos, é geralmente considerado como iniciando durante os estágios posteriores de maturação e a primeira fase da senescência; nessa etapa do ciclo, os produtos tornam-se atrativos e aptos para consumo (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Como última etapa fisiológica, a senescência é definida como o período quando os processos bioquímicos anabolizantes (sintéticos) oferecem lugar a processos catabólicos (degradativos), ocasionando o envelhecimento e, finalmente, a morte do tecido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

3.3.3 Atividade respiratória

A respiração é o processo de degradação oxidativa de substâncias mais complexas, a saber, amido, açúcares e ácidos orgânicos, em moléculas mais simples, como o dióxido de carbono e água, com a produção de energia. A respiração pode ocorrer na presença de oxigênio (respiração aeróbia) ou na ausência de oxigênio (respiração anaeróbia, ou fermentação) (WILLS, 2016). Segundo esses autores, a taxa de respiração dos produtos é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido e, portanto, é um guia útil para determinar o potencial de armazenamento de um determinado produto.

A perda de reservas armazenadas no fruto durante a respiração acelera a senescência, bem como as reservas que fornecem energia para manter a vida vão sendo esgotadas. Isso reduz o valor alimentar (valor energético) para o consumidor, causando perdas quantitativas e qualitativas aos frutos (REID, 2002).

Em função do padrão respiratório, os frutos podem ser classificados em climatéricos e não-climatéricos. Os frutos climatéricos são aqueles que possuem um aumento na respiração e produção de etileno durante o processo de amadurecimento. Frutos não climatéricos não apresentam tal padrão de respiração e produção de etileno. Frutos não-climatéricos apresentam atividade respiratória que, em geral, declina após a colheita, não sendo capazes de amadurecer quando colhidos imaturos (ARRUDA, 2008).

Por esse motivo, frutos não climatéricos devem ser colhidos somente quando atingirem a maturidade comestível ou comercial (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Frutos climatéricos,

em determinada etapa do seu ciclo vital, apresentam rápido e acentuado aumento na atividade respiratória, culminando com o amadurecimento imediato. Esses frutos podem amadurecer na planta ou fora dela, se colhidos na maturidade fisiológica.

Estudos sugerem que as condições do padrão respiratório de laranjas exibem respostas climatéricas, com o aumento da respiração à medida que os frutos ficam laranja, atingindo o pico da taxa respiratória cerca de 3 dias após a colheita. A evolução do etileno segue um padrão semelhante com o pico climatérico ocorrendo dois a quatro dias após a colheita. No entanto, as taxas de produção de etileno são consideradas relativamente baixas quando comparadas com outros frutos climatéricos. As altas taxas respiratórias observadas em acerola são possivelmente responsáveis pela curta vida pós-colheita dos frutos (ALVES; MENEZES, 1995; CARRINGTON; KING, 2002).

3.3.4 Produção e resposta ao etileno

O etileno é um hormônio vegetal que regula diversos processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento (YAHIA, 2011). Esse hormônio é amplamente conhecido pelo seu papel na regulação do amadurecimento de frutos (GIOVANNONI, 2001). A via de biossíntese do etileno compreende a conversão da S-adenosil metionina em ácido 1-carboxílico-l-aminociclopropano (ACC), sob a ação da ACC sintetase, e a conversão do ACC em etileno, pela ação da enzima ACC oxidase (CHAVES, 1997). A síntese do etileno é fortemente estimulada por fatores exógenos, como as infecções fúngicas, bacterianas e/ou virais, injúria por frio e danos mecânicos, estresses térmicos e hídricos, além da resposta autocatalítica, bem como no amadurecimento de frutos climatéricos e senescência de flores (KENDE, 1993). Na maioria dos frutos, concentrações de etileno fisiologicamente ativo nos espaços intercelulares precedem o aumento na taxa respiratória. No entanto, um suprimento exógeno de etileno desencadeia o processo de amadurecimento em frutos imaturos, induzindo o processo autocatalítico de sua síntese (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento na síntese de etileno é um evento que marca o início do amadurecimento de frutos climatéricos. Em muitos tecidos vegetais, o tratamento com etileno resulta na rápida perda de clorofila e coloração verde de folhas e frutos.

Para Morales *et al.* (2020), que realizaram o tratamento a fim de acelerar o amadurecimento de cítricos do início da temporada, cultivados na região do Mediterrâneo, buscando realçar a cor externa quando os frutos já atingiram a maturidade interna, há uma avaliação do efeito do etileno na qualidade físico-química das frutas cítricas, mas pouco se sabe sobre seu efeito nas expectativas dos consumidores no supermercado ou nas percepções de qualidade do consumidor quando comem tais frutas. Os pesquisadores detectaram que o tratamento com etileno em frutos cítricos aumentou o interesse dos consumidores em comprar esse produto. Também, concluíram que não afetou a qualidade

interna percebida pelos consumidores e é uma potente ferramenta de pós-colheita para aumentar as vendas de frutas cítricas no início da safra.

Para Paul *et al.* (2012), o processo de amadurecimento da fruta é normalmente visto de forma distinta em frutas climatéricas e não climatéricas. Porém, muitas frutas, como goiaba, melão, ameixa japonesa, pera asiática e pimenta apresentam comportamento tanto climatérico quanto não climatérico, dependendo do cultivar ou genótipo. As investigações sobre os níveis de CO₂ e etileno em vários estágios de frutas durante o amadurecimento apoiaram o papel e o envolvimento de mudanças na taxa de respiração e produção de etileno em frutas não climatéricas, como morango, uva e cítricos. Frutas não climatéricas também respondem à aplicação exógena de etileno. A análise comparativa dos frutos apegados à planta e dos frutos desprendidos da planta não mostrou similaridade no comportamento de amadurecimento. Ademais, a presença de um aumento característico nos níveis de CO₂ e na produção de etileno, em algumas frutas não climatéricas, apontam para um papel ubíquo do etileno no amadurecimento de frutas.

Já em relação ao efeito da regulação do etileno no metabolismo do açúcar em 2 cultivares de ameixa ao longo do amadurecimento no armazenamento pós-colheita, é possível afirmar que esses cultivares compartilham a mesma base genética, mas, devido às mutações dos botões, diferem em seu comportamento de amadurecimento. Os resultados demonstraram que o etileno foi um fator crucial que afetou o metabolismo geral do açúcar em ambos os tipos de amadurecimento (MACARENA *et al.*, 2018).

Para Pech *et al.* (2018), o amadurecimento de frutos carnosos é um processo regulado pelo desenvolvimento exclusivo das plantas, durante o qual a maioria dos atributos de qualidade sensorial é elaborada, incluindo aroma, sabor, textura e compostos nutricionais. Na fruta climatérica, o etileno regula o processo de amadurecimento, mas as frutas não climatéricas não dependem do etileno, mas sim de sinais de natureza desconhecida, embora o etileno possa contribuir pelo menos parcialmente para o controle de alguns aspectos do processo de amadurecimento. Embora essa revisão se refira principalmente ao tomate, como o principal modelo para pesquisa de frutas, ela também proporciona uma visão sobre o processo de amadurecimento em outras espécies de frutas, incluindo tipos não climatéricos.

3.3.5 Padrão respiratório da laranja

Uma forma de preservar os atributos da laranja é reduzir as alterações metabólicas decorrentes da respiração dos frutos por meio da modificação da atmosfera de forma passiva ou ativa. Destacando a passiva, o método denota o fato de que o gasto de O₂ e a eliminação de CO₂ pelo processo respiração do produto criam uma nova atmosfera gasosa no interior da embalagem, sendo que o efeito mais destacado é a diminuição da taxa respiratória e decréscimo da velocidade das reações bioquímicas. Tais reações encaminham a maturação

e senescência, tanto quanto o aparecimento de podridões, motivo pelo qual há necessidade de prolongar o período de conservação das frutas. A regulação dessa composição gasosa é ditada pelas características fisiológicas do fruto e permeabilidade da embalagem (CHITARRA e CHITARRA, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Como as laranjas possuem características fisiológicas não climatéricas e características morfológicas peculiares, estruturada em gomos, e também por possuírem boa resistência à refrigeração, são mais estáveis às condições de armazenamento (DONADON *et al.*, 2004; PLAZA *et al.*, 2011). Destaca-se esse incremento de estabilidade decorrente da taxa respiratória intrínseca de frutos cítricos, que, após serem descascados, têm a capacidade de retomar a taxa respiratória da laranja intacta, poucas horas após o processamento, provavelmente, devido à baixa produção de etileno. Não obstante, toda vez que os frutos sofrem qualquer nível de processamento, resulta na diminuição de sua vida útil, até mesmo por criar um habitat promissor para desenvolvimento de fungos e bactérias (JACOMINO *et al.*, 2005).

3.3.6 Ponto de colheita da laranja

A maturidade na colheita é o fator mais importante que determina a vida útil e qualidade final dos frutos. Frutos colhidos antes da maturidade fisiológica, ou muito maduros são mais suscetíveis a desordens fisiológicas e têm uma vida de armazenamento mais curta do que aqueles colhidos na maturidade adequada (YAHIA, 2011). Para as laranjas, é bastante difícil determinar o ponto de colheita adequado com base na floração, já que a desuniformidade na floração provoca a presença de flores e frutos em diversos estádios de desenvolvimento numa mesma planta (EMBRAPA, 2012).

O fator que determina o ponto de colheita é o destino pretendido aos frutos. Frutos destinados ao processamento podem ser colhidos com coloração vermelho intensa, porém, ainda firmes para suportar o manuseio. É nesse estágio que o fruto apresenta maior teor de açúcares e baixa acidez. No entanto, no estágio de maturação da laranja, a concentração de ácido ascórbico é reduzida, porém, ainda supera os teores da vitamina em frutos cítricos, conhecidos por serem ricos em ácido ascórbico (RITZINGER; RITZINGER, 2011). Quando o destino é a extração de ácido ascórbico, para fabricação de produtos em pó, cápsulas, concentrados para o enriquecimento de outros alimentos, os frutos podem ser colhidos no início da maturação com coloração da epiderme verde, verde amarelado ou com início da pigmentação laranja (NEVES, 2007). No entanto, para o consumo in natura, não há um estágio de maturação definido para a colheita de laranjas, apesar da maior parte da produção destinar-se ao setor industrial de produção de suco concentrado.

3.4 Qualidade pós-colheita de laranja

Quando ocorre a discussão sobre a qualidade de frutos frescos, abre-se um leque de características inerentes ao produto no exato momento, também, a percepção do mercado e o que a sociedade anseia conforme organograma na figura a seguir. Essas peculiaridades são decididas desde o momento escolhido para a colheita, condições de armazenamento pós-colheita, cuidados no transporte e que culminam numa atribuição da qualidade naquele instante (TIJSKENS; SCHOUTEN, 2009).

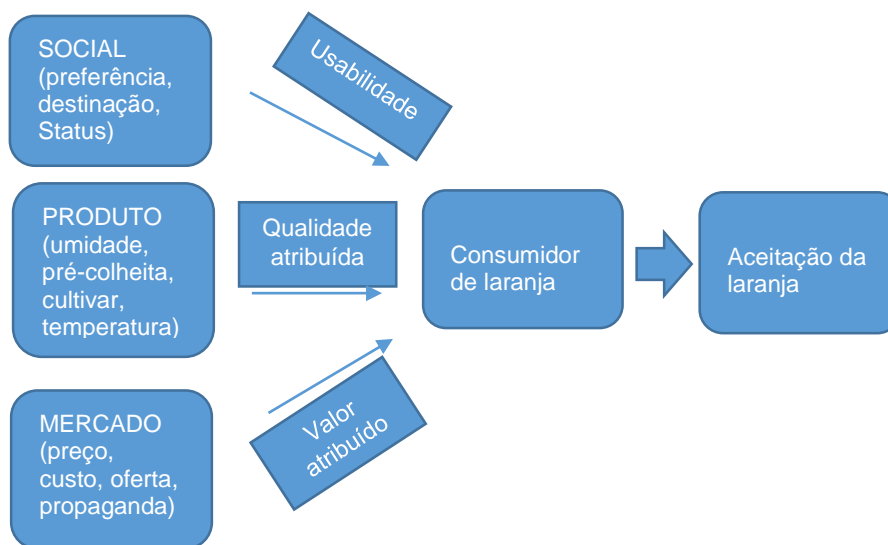


Figura 1 Aceitação de produto para frutas frescas, adaptado (TIJSKENS E SCHOUTEN, 2009).

Se analisarmos pelo ponto de vista do consumidor de laranja, a combinação de várias características irá gerar a melhor aceitação e, portanto, torna-se imperativo evoluir o processo, aprimorar com novos equipamentos e metodologias a pré e pós-colheita. Como o grau de aceitação é um conjunto de percepções subjetivas do consumidor, que variam com grande intensidade entre espécies ou cultivares diferentes, devemos deixar o mais objetivo possível, por meio de instrumentação, a respeito dos critérios ideais de colheita e de tempo de prateleira dos frutos frescos para otimizar sua comercialização (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

3.5 Tecnologia Arduino na agricultura

3.5.1 Pesquisa de inovação tecnológica na colheita de frutas

Várias pesquisas buscam inserir tecnologias para o desenvolvimento da fruticultura. Arad *et al.* (2020) desenvolveram um robô para colheita de frutos de pimentão em estufas. O sistema robótico inclui um braço industrial, câmera RGB-D, computador de última geração com unidade de processamento gráfico, controladores lógicos programáveis, outros

equipamentos eletrônicos e um pequeno contêiner para armazenar as frutas colhidas. Tudo é montado em um carrinho que se desloca de forma autônoma em trilhos de tubulação e piso de concreto no ambiente do usuário final. Esse sistema obteve taxas de sucesso da colheita, que foram de 61% para as melhores condições de colheita e 18% nas condições de colheita atuais. Notadamente tecnológico, mas de altíssimo custo.

Adamides *et al.* (2017) desenvolveram uma plataforma robótica móvel de uso geral em um robô pulverizador agrícola semiautônomo com foco em interfaces de usuário para teleoperação. Com foco na interação humano-robô, avaliaram a usabilidade da interface do usuário e verificaram evidências para o aumento da usabilidade de um sistema robótico protótipo, muito promissor com seu futuro uso extensivo, mas que destaca um grande investimento para ter essa tecnologia.

Para colher morangos continuamente em ambientes desordenados e não estruturados, há um desafio. Xiong *et al.* (2020) desenvolveram um novo algoritmo de separação de obstáculos, que foi proposto para permitir ao sistema de colheita obter morangos que estão localizados em cachos. O algoritmo usa a pinça para afastar as folhas, morangos e outros obstáculos circundantes. Esse robô foi desenvolvido com uma sequência de colheita otimizada que aumenta sua eficiência e minimiza o risco de colisão. Durante os testes em uma fazenda de morango, a taxa de sucesso, na primeira tentativa dos robôs, para colher morangos, parcialmente cercados ou isolados, variou de 50% a 97,1%.

3.5.2 Tecnologias acessíveis de baixo custo

Equipamentos que utilizem tecnologia de baixo custo, usando Arduino, não são, exatamente, uma novidade. Vários já têm sido produzidos e não apenas pela razão financeira, que os caracteriza, mas pela facilidade de montagem e exemplificação de leituras de parâmetros para ambientes desprovidos de um laboratório analítico robusto. Entretanto, muitos desses equipamentos limitavam-se a aspectos qualitativos ou semiquantitativos, sendo incapazes de realizar medições com a precisão adequada.

Para Brown & Brown (2021), o trabalho humano necessário para a colheita das árvores é um componente importante do custo na produção de frutas e está aumentando. Muitas pesquisas têm procurado demonstrar a colheita robótica comercialmente viável para plantações de árvores, embora os produtos comerciais bem-sucedidos resultantes desses sejam poucos e distantes entre si. Os sistemas, desenvolvidos para safras específicas, como pimentão ou maçã, mostraram-se promissores, mas a grande maioria dos tipos de cultivares permanece sem solução e o desenvolvimento de um sistema específico para cada um é ineficiente. Nesse estudo, utilizaram sensores Arduino para as ameixas, enquanto a robótica demonstrou que necessitam de melhoras significativas. Destacou-se que os desafios são não

somente melhorar a dinâmica dos robôs, mas também deixar acessível usando estruturas mais baratas.

O advento de sensores modernos e do uso de microcontroladores eletrônicos torna-se uma opção interessante na criação de dispositivos de baixo custo, pois possuem capacidade de medições com precisão adequada (aquém de equipamentos com tecnologia de ponta) e com grande versatilidade de aplicações. Entre elas, podemos citar o uso dos sensores de pressão, temperatura, de gases, de cor, de campo magnético, altitude, umidade, posição, dentre outros. Apesar de barato e de fácil aquisição, a sua utilização possui uma forte resistência devido à necessidade de conhecimentos prévios de eletrônica básica e de programação, o que, por si só, restringe o público-alvo e seu viés de divulgação científica, mas principalmente para acesso ao pequeno agricultor.

Geralmente, a utilização desses materiais permite que se realizem experimentos de leitura de parâmetros físicos e químicos sem a necessidade de ambientes específicos para esse fim, como um laboratório de análise agrícola. E, ainda, pode-se ressaltar que os fenômenos não ficam “ocultos” em equipamentos que o agricultor não sabe exatamente como funcionam, pois são efetivados de forma simples, com fácil compreensão, o que acaba por difundir o conhecimento mesmo que de forma limitada. Apesar de montagem simples e de até certo ponto de vista comparada a equipamentos laboratoriais de forma “improvisada”, proporciona tecnologia à grande massa, que poderá, com recursos bem mais modestos, avançar tecnologicamente na sua produção sem ser considerada não como uma solução apenas paliativa ou de emergência; bem pelo contrário, como uma nova técnica desejável para desenvolver as capacidades resolutivas e inventivas na agricultura (AMER *et al.*, 2015).

3.5.3 Características da plataforma Arduino

A plataforma Arduino pode ser uma opção extremamente barata e de fácil programação, não exigindo de seu usuário um conhecimento rebuscado em eletrônica e programação. Além disso, essa plataforma é de acesso livre, sendo seus códigos amplamente compartilhados pelos seus diversos usuários na internet (GARCIA, 2015).

A maior vantagem do Arduino sobre outras plataformas de desenvolvimento de microcontroladores é a facilidade de sua utilização; pessoas que não são da área técnica podem, rapidamente, aprender o básico e criar seus próprios projetos em um intervalo de tempo relativamente curto. Artistas, mais especificamente, parecem considerá-lo a forma perfeita de criar obras de arte interativas rapidamente e sem conhecimento especializado em eletrônica. Há uma grande comunidade de pessoas utilizando Arduinos, compartilhando seus códigos e diagramas de circuito para que outros os copiem e modifiquem. A maioria dessa comunidade também está muito disposta a auxiliar outros desenvolvedores (McROBERTS, 2011).

3.5.4 Automação de microcontroladores

Automação de processos industriais, agrícolas ou comerciais pode empregar recursos de circuitos digitais discretos ou, então, microprocessados: os circuitos digitais discretos são construídos basicamente com a teoria aplicada da álgebra de Boole, por meio das portas lógicas, ou seja, um projeto de automação pode ser escrito em um conjunto sequencial de eventos que geram sempre as mesmas saídas, a partir da excitação das mesmas entradas; os circuitos digitais microprocessados têm uma característica diferente, visto que, internamente, são projetados com blocos de circuitos discretos que executam atividades genéricas, cuja funcionalidade é encontrada em um conjunto de código binário de entrada, armazenado internamente em um chip de memória, chamado de programa. O programa pode ser trocado, oferecendo a grande vantagem de alterar completamente a funcionalidade do circuito sem alterá-lo. Atualmente, os circuitos digitais microprocessados são encontrados em todos os equipamentos à nossa volta, já que são tecnologias que estão no dia a dia do homem contemporâneo. Celulares possuem até cinco desses componentes (McROBERTS, 2011).

3.5.5 Microcontroladores ou microprocessadores

É importante ressaltar as diferenças e vantagens entre um microcontrolador e um microprocessador. Um microcontrolador possui um microprocessador internamente. O microprocessador é um processador miniaturizado em numa única pastilha de silício. É a unidade central de processamento de um computador.

Para que um microprocessador possa ser usado, outros componentes devem ser acoplados a ele, tais como memórias e componentes para receber e enviar dados. Essa é a grande diferença em relação ao microcontrolador, que foi projetado para conter memória interna, A/D's (conversor analógico/digital), portas de entrada e saída, bem como oscilador, dentre outros, em um único chip, necessitando de poucos componentes externos em suas aplicações, uma vez que a maioria dos periféricos necessários já estão contidos nele. Os microcontroladores apresentam algumas vantagens, a saber: por serem extremamente pequenos, reduzem drasticamente o número de componentes eletrônicos, reduzindo muito o tamanho da placa eletrônica; por serem circuitos integrados, muitas vezes, os microcontroladores podem substituir parte ou até mesmo circuitos inteiros que, em geral, demandam tempo, espaço físico e elevado custo quando comparados aos microcontroladores; são flexíveis, pois permitem uma alteração do código de programa (memória tipo Flash), sem necessitar de mudança física quanto à placa do circuito (GAIÃO, 2008).

Os microcontroladores podem ser programados em linguagem, pascal, C, basic e os programas são gravados na memória desses dispositivos. Para tal procedimento, utiliza-se um hardware especial acoplado a um microcomputador para a gravação dos programas. Os microcontroladores são utilizados em praticamente todos os dispositivos eletrônicos digitais, a exemplo de: teclado de computador, televisão, celular, relógio de pulso, rádio relógio, máquina de lavar, forno de micro-ondas, entre outros (PIGNALOSA, 2007).

3.5.6 Comunicação de dados

O processo de transmissão de dados ocorre por meio de ondas de rádio frequência (RF), baseado na utilização de uma onda eletromagnética de alta frequência, chamada portadora, a qual é produzida por uma fonte chamada transmissor (Tx) e recebida por um receptor (Rx), sendo esses dois elementos distanciados pelo fabricante, o que pode ser de alguns metros até vários quilômetros. A utilização de onda de alta frequência é importante para que, utilizando pouca energia elétrica, seja possível mandar os dados de forma eficiente, já que o equipamento móvel não deve dispende grande parte da energia somente na transmissão por possuir uma pequena estrutura de antena.

É chamado de modulação o processo de acolhimento de dados de baixa frequência numa onda de rádio. Essa modulação é a alteração de uma característica do sinal que é novamente recuperada no Rx (receptor) no processo de detecção. Daí, a explicação do motivo de, quando a alteração ocorre na amplitude da portadora, é chamada de AM (amplitude modulation); já, se for na portadora, é chamada de FM (frequency modulation). No caso de dados digitais, a onda sofre alterações de comprimento. A modulação de uma onda de rádio de sinal digital é por chaveamento (keying) e pode ocorrer de 3 formas: em amplitude shift keying (ASK), em frequência, como frequency shift keying (FSK), e em fase, como phase shift keying (PSK). Vejamos a diferença na onda por meio da figura a seguir, com os três tipos de modulação (LATHI, 2012).

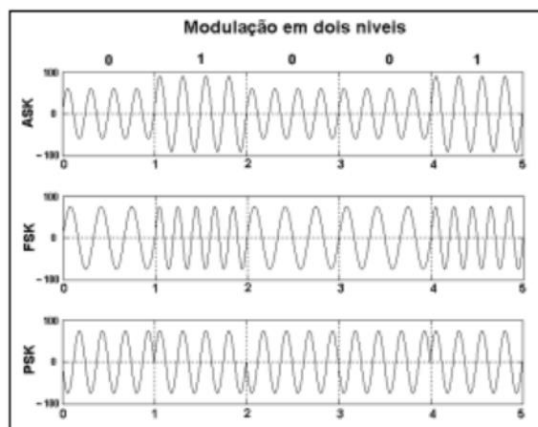


Figura 2 Os três tipos de modulação (LATHI, 2012).

3.6 Impacto da tecnologia na colheita de frutos

O futuro tecnológico na fruticultura, que, há pouco tempo, parecia ser algo tão distante, já está presente e se torna imprescindível. Não somente pelo barateamento de sensores e microprocessadores, mas porque os fruticultores hoje têm à disposição a inteligência artificial para ajudar no manejo e produção. Com a possibilidade de reunir informações detalhadas de produtividade, estágio de maturação e saúde dos pomares, analisa plantas e frutos um a um, de forma totalmente automatizada. Existem sensores que geram imagens de altíssima resolução, as quais são enviadas para algoritmos que analisam tudo de forma individual, em detalhes. Equipamentos que predizem a quantidade de frutos, curvas de maturação (maduros ou verdes), diâmetros e taxa de queda no chão são apresentados juntamente com informações sobre as plantas, como número de árvores ausentes e replantios, cubicagem (volumetria), altura das copas, presença de cipós e daninhas, que já estão em desenvolvimento no mercado. Dessa forma, como toda tecnologia tende a evoluir, alcançará um valor acessível para a grande massa de pequenos agricultores (YAVUZER *et al.*, 2020).

Além disso, tantos dados servem como indicadores e também podem ser apresentados como linhas de evolução temporal, permitindo o acompanhamento das ações de manejo. É possível também visualizar comparativos dos indicadores entre diferentes datas, setores, variedades e outros aspectos do pomar, até mesmo regiões. Os pomares monitorados pela tecnologia contribuem para o aumento contínuo da base de conhecimento do sistema. Na citricultura, os próximos passos serão a combinação dos modelos de produtividade com as condições climáticas e o histórico de manejo do pomar. Então, será possível realizar recomendações de aumento de produtividade, bem como o constante refinamento dos modelos de detecção de pragas, doenças e deficiências nutricionais (BROWN; BROWN, 2021).

As tecnologias, pesquisadas por Yavuzer *et al.* (2020), foram desenvolvidas com foco nos cítricos, mas poderão ser adaptadas também para outros cultivos, como café, uva, maçã e manga. Já ocorrem experimentos em outras culturas e, em breve, surgirão tecnologias que poderão ajudar outros fruticultores a ampliar seus ganhos. São ferramentas que permitirão definir o ponto ideal da colheita, uma necessidade de muitos produtores de frutas. Por meio do acompanhamento do estágio de maturação, quantidade e calibre dos frutos, será possível analisar critérios de tamanho e aparência de frutos, além de otimizar os custos de colheita.

3.7 Grau de maturação de inovação

O Nível de Maturidade Tecnológica ou TRL (Technology Readiness Level) ou MRL (Manufacturing Readiness Levels) de um produto é muito relevante para o posicionamento

real de pesquisas quanto à proximidade e probabilidade de chegar ao mercado consumidor. Foi, inicialmente, utilizado na NASA, devido às inúmeras inovações e necessidade de mensurar a capacidade e o custo de cada ideia virar uma tecnologia viável (MANKINS, 1995).

Esses dados se apresentam como uma excelente ferramenta para determinar a maturidade de uma tecnologia ao oferecer um sistema de medição, facilitando a tomada de decisão e a comparação entre tecnologias por parte da gerência de projetos de inovação.

Segundo a mais utilizada classificação de maturação de inovação, a tabela de Mankins (1995), existem 9 etapas desde a concepção da ideia até chegar a uma produção estabelecida do produto ou processo. Consiste em nove níveis, variando de TRL 1 a 9, que representam a incerteza e risco associados ao uso daquela tecnologia em novos produtos. Os TRL's mostram se uma tecnologia está próxima da fase de desenvolvimento do produto ou se ainda está mais associada à geração de conhecimento. A figura a seguir resume a relação entre TRL's e diferentes etapas de pesquisa de base (ciência e tecnologia) e pesquisa e desenvolvimento.

TRL/MRL 1: Ideia da pesquisa que está sendo iniciada e esses primeiros indícios de viabilidade estão sendo traduzidos em pesquisa e desenvolvimento futuros.

TRL/MRL 2: Os princípios básicos foram definidos e há resultados com aplicações práticas que apontam para a confirmação da ideia inicial.

TRL/MRL 3: Em geral, estudos analíticos e/ou laboratoriais são necessários nesse nível a fim de ver se uma tecnologia é viável e pronta para prosseguir ao processo de desenvolvimento. Nesse caso, muitas vezes, é construído um modelo de prova de conceito.

TRL/MRL 4: Coloca-se em prática a prova de conceito, que consiste em sua aplicação em ambiente similar ao real, podendo constituir testes em escala de laboratório.

TRL/MRL 5: A tecnologia deve passar por testes mais rigorosos do que a tecnologia que está apenas na TRL 4, ou seja, validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais, com configurações físicas finais. Capacidade de produzir protótipo do componente do produto.

TRL/MRL 6: A tecnologia constitui um protótipo totalmente funcional ou modelo representacional, sendo demonstrado em ambiente operacional (ambiente relevante no caso das principais tecnologias facilitadoras).

TRL/MRL 7: O protótipo está demonstrado e validado em ambiente operacional (ambiente relevante no caso das principais tecnologias facilitadoras).

TRL/MRL 8: A tecnologia foi testada e qualificada para ambiente real, estando pronta para ser implementada em um sistema ou tecnologia já existente.

TRL/MRL 9: A tecnologia está comprovada em ambiente operacional (fabricação competitiva no caso das principais tecnologias facilitadoras), uma vez que já foi testada, validada e comprovada em todas as condições, com seu uso em todo seu alcance e quantidade. Produção estabelecida.

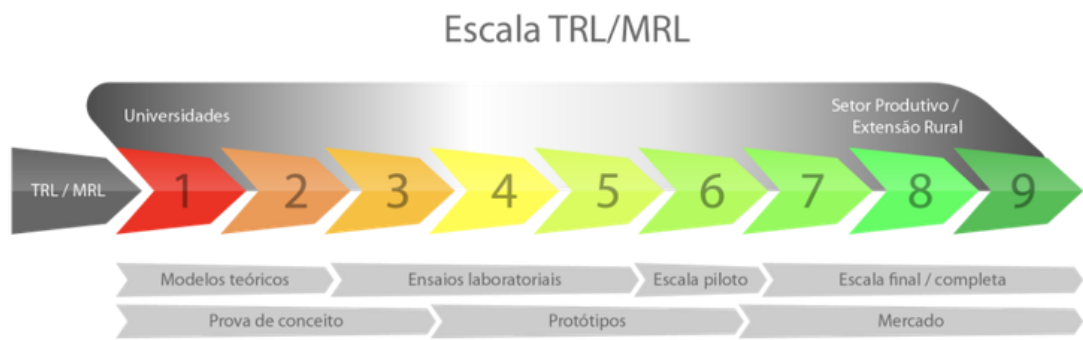


Figura 3 Escala TRL/MRL de maturação em inovação (adaptada: MANKINS, 1995).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostras

Os frutos de laranja (*Citrus sinensis*) cultivar 'Pêra' de cultivo orgânico foram adquiridos na comunidade Santa Clara do município de Capanema - Paraná (Coordenadas Geográficas 25°35'30" S, 53°56'12" N), de produção oriunda de pequenos agricultores do município, região. Foram adquiridos 24 frutos, escolhidos ao acaso, em ponto de colheita considerado ótimo pelo agricultor para o ordenamento da sequência de testes.

Os frutos foram colhidos e, de imediato, transportados em caixa de madeira com aeração adequada para o Laboratório de Química do IFPR – Campus Colombo, onde se procederam as análises físico-químicas. No transporte, que durou aproximadamente 7h, foi mantida a temperatura ambiente em 21°C. As avaliações foram realizadas em temperatura controlada de 21°C por sistema de ar-condicionado e todos os testes foram efetivados simultaneamente para evitar fatores de variação que pudessem afetar as análises.



Figura 4 Laranjas (*Citrus sinensis*) cultivar 'Pêra' de Capanema – Pr.

4.2 Desenvolvimento do pacote tecnológico de baixo custo para determinação do ponto de colheita da laranja por meio da coloração da casca da laranja

Para a criação do pacote tecnológico de baixo custo, a fim de determinar o ponto de colheita da laranja, foi concebido um modelo considerando os fatores fisiológicos inerentes à laranja para avaliação de ponto ideal de colheita e tempo útil de armazenamento, tempo antes da senescência do fruto pós-colheita. Para avaliação de ponto ótimo de colheita, utilizamos o fator coloração da casca da laranja, correspondente à maturação do produto, e, para predição de vida útil remanescente pós-colheita, utilizamos a coloração da casca da laranja correspondente à senescência do produto, quando se encontrava impróprio para consumo.

Apesar da produção de gás etileno também ser um dado relevante, os sensores de baixo custo compatíveis com o sistema Arduino não se mostraram eficientes devido à baixa emissão relativa desse gás pela laranja, sendo descartada a avaliação da concentração de etileno em pré-testes devido à necessidade de equipamentos de alto valor financeiro para medição de forma satisfatória, o que não era objetivo do presente trabalho.

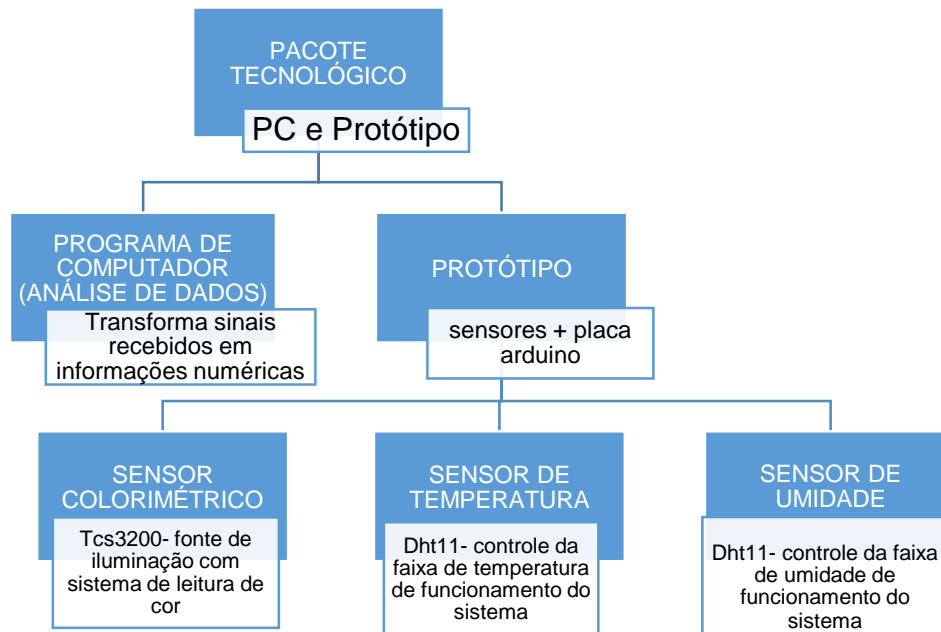


Figura 5 Estrutura de conexão dos sensores e placas Arduino para leituras de temperatura/umidade.

As estruturas desse pacote tecnológico estão divididas em 2 fases:

1. Desenvolvimento do Programa de Computador (denominação adequada para aplicativo ou software segundo INPI) por meio da linguagem de programação adaptada para Arduino C++, a qual é uma linguagem de programação compilada multiparadigma e de uso geral.

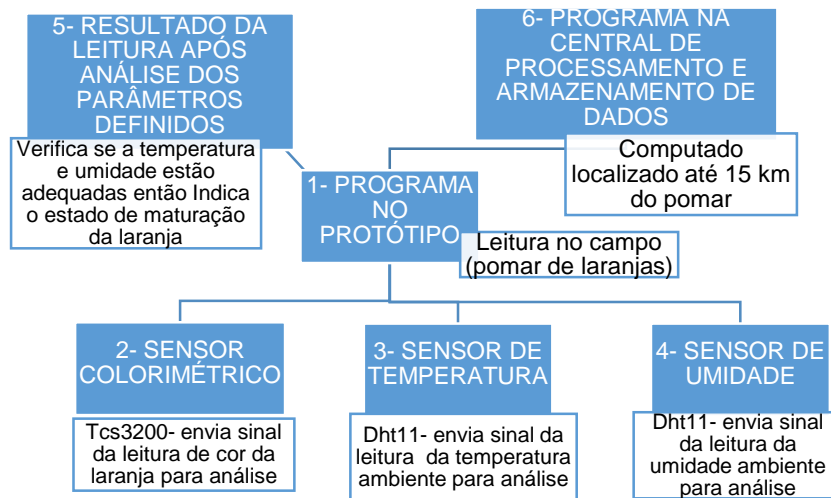


Figura 6 Estrutura de conexão dos sensores e placas Arduino para leituras de temperatura/umidade.

- 2- Arquitetura do protótipo – é composto de uma estrutura com sensores; uma estrutura de transmissão de dados; uma estrutura de display; uma estrutura de processamento de informações e uma estrutura de fornecimento de energia.

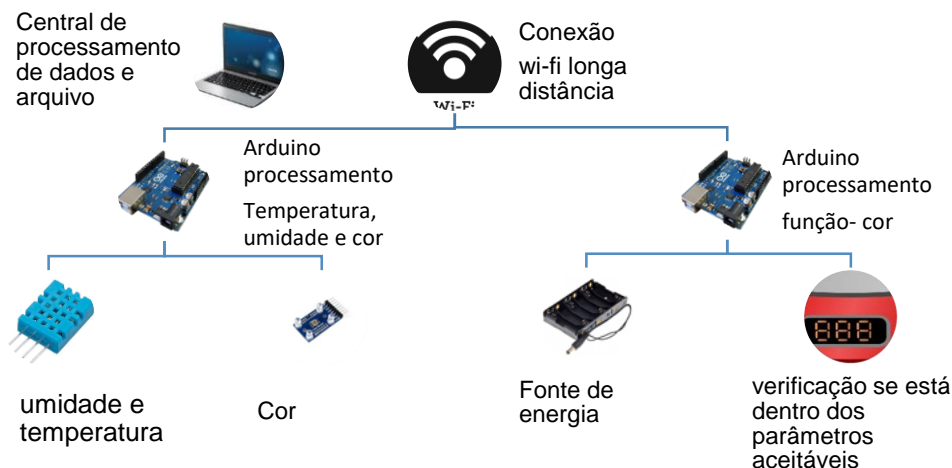


Figura 7 Arquitetura do protótipo (energia, sensores, display, transmissão e processamento).

Na fase 1, a programação desse experimento contou com parâmetros previamente definidos para análise de colheita. Quando essas leituras colorimétricas são realizadas em diferentes momentos da cadeia produtiva, existem necessidades de alteração de parâmetros para calibração, pois, nesse momento, a limitação deve ser decisiva baseada nas

necessidades mínimas do próximo estágio da cadeia e não apenas como outrora as predileções do consumidor final.

Na fase 2, necessita-se dos seguintes componentes eletroeletrônicos: placa Arduino (microprocessador), transmissora via wi-fi, mostrador de dados, sensor de temperatura, sensor de umidade e sensor de cor. Genericamente, utilizaremos o nome sensor para equipamentos que fazem a conversão de informação analógica em informação digital com fins de processamento, que, conceitualmente, é um transdutor da grandeza física.

De modo geral, o sistema com os sensores, anteriormente citados, irá coletar os dados e enviar para um software de leitura e armazenamento, para que, de forma centralizada, possam ser monitorados e avaliados. Esse processo irá ocorrer de forma semelhante tanto para a etapa de calibração quanto para a de leitura.

4.2.1 Sensor de cor

Para medição da coloração da casca da laranja, foi desenvolvido um sensor de cor sem fio com fins de detecção colorimétrica da casca do fruto, com tecnologia de sensoriamento baseada no arranjo de fotodiodos de sensibilidade seletiva a diferentes comprimentos de onda da luz visível TCS3200, com acessório de 4 pontos iluminantes de LED. Para a aquisição e processamento de dados, foi utilizada tecnologia microprocessada, de maneira que a transmissão de dados foi realizada com tecnologia wireless (TAOS, 2011).

O sensor possui as seguintes características:

- Alta resolução para conversão de intensidade de luz para frequência;
- Frequência de saída programável;
- Comunica-se diretamente com um microcontrolador;
- Tensão de operação: 2,7V a 5,5V;
- Função Power Down;
- Margem de erro típica: 0,2% a 50kHz;
- Coeficiente de temperatura estável: 200 ppm/°C.



Figura 8 Equipamento de sensoriamento de comprimentos de onda da luz visível TCS3200 (TAOS, 2011)

Segundo a fabricante TAOS (2011), o conversor de luz em frequência programável TCS3200 combina fotodiodos de silício configuráveis e um conversor de corrente em frequência em um circuito integrado CMOS monolítico único. A saída é uma onda quadrada (ciclo de trabalho de 50%) com frequência diretamente proporcional à intensidade da luz (irradiância). A frequência de saída em escala real pode ser escalonada por um dos três valores predefinidos por meio de dois pinos de entrada de controle. As entradas e saídas digitais permitem interface direta com um microcontrolador ou outro circuito lógico. A habilitação de saída (OE) coloca a saída no estado de alta impedância para compartilhamento de várias unidades de uma linha de entrada de microcontrolador. O conversor de luz em frequência lê um arranjo de 8 x 8 de fotodiodos. Dezesesseis fotodiodos têm filtros azuis, 16 fotodiodos têm filtros verdes, 16 fotodiodos têm filtros vermelhos e 16 fotodiodos são transparentes sem filtros. Os quatro tipos (cores) de fotodiodos são interdigitados para minimizar o efeito de não uniformidade de irradiância incidente. Todos os 16 fotodiodos da mesma cor são conectados em paralelo e o tipo de fotodiodo que o dispositivo usa durante a operação é selecionável por pino. Os fotodiodos têm 120 μm x 120 μm de tamanho e estão em 144 μm centros.

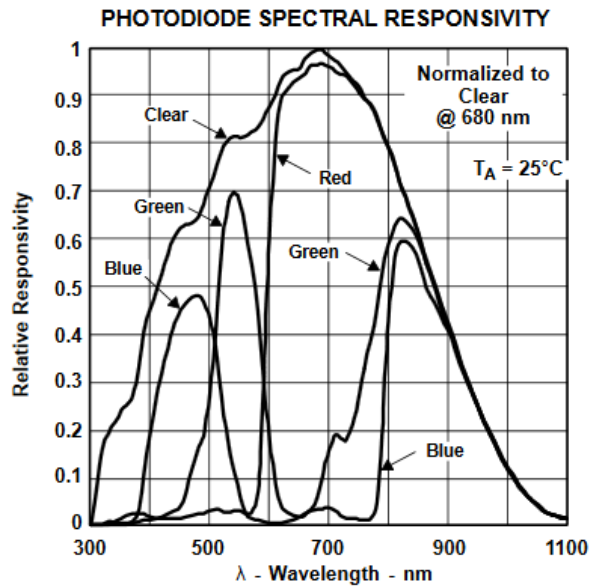


Figura 9 Responsividade dos fotodiodos do componente TCS3200. Adaptado de TAOS (2011).

Na figura anterior, está justificada a escolha desse sensor em detrimento dos demais, já que a iluminação utiliza LED, bem como emite luz mais intensamente nos comprimentos de onda próximos a 600 nm; nas demais regiões do espectro, a intensidade emitida é menor, ou seja, a luz branca emitida por esse componente não é branco absoluto (mesma intensidade em todo o espectro visível). Na mesma figura, é ilustrado também o padrão de iluminante de cor branca D65; nota-se que a variação espectral de potência é bem menor. Entretanto, esse tipo de fonte D65 é muito cara e inviável para a utilização no equipamento proposto, já que precisa ser equipamento de baixo custo (TAOS, 2011).

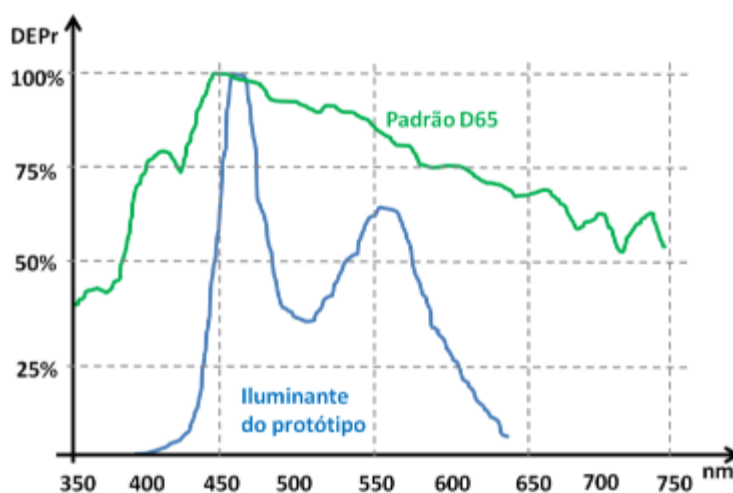


Figura 10 Caracterização da distribuição espectral de potência relativa da fonte iluminante do protótipo e do padrão D65. Adaptado de WAY JUN (2011).

Decorrente desse dado e também para evitar desacoplamento angular do sensor de cor em relação ao LED, no experimento, padronizou-se usar sempre a leitura do fruto no ângulo reto, ou seja, o ângulo de incidência 0° para uma responsividade normalidade mais adequada, como pode ser observado na figura anterior.

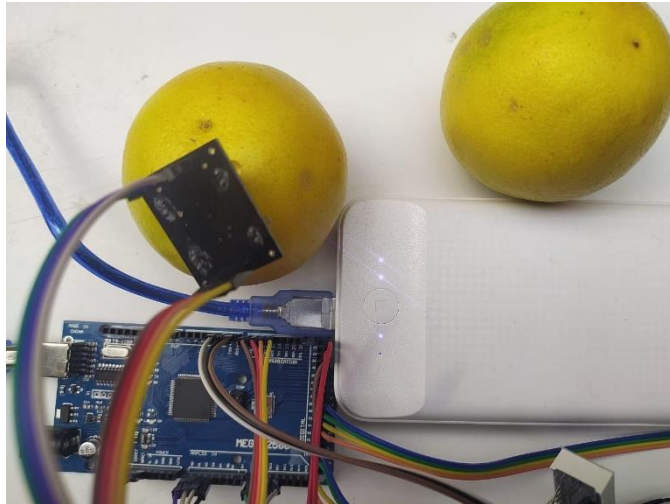


Figura 11 Leitura da coloração da casca de laranja.

Para facilitar a produção do protótipo, o equipamento foi dividido em 3 partes com diferentes funções: bloco do sensor, que tem estrutura de iluminação com LED e o detector colorimétrico; bloco do processador Arduino e o sistema de transmissão de informações de alto alcance.

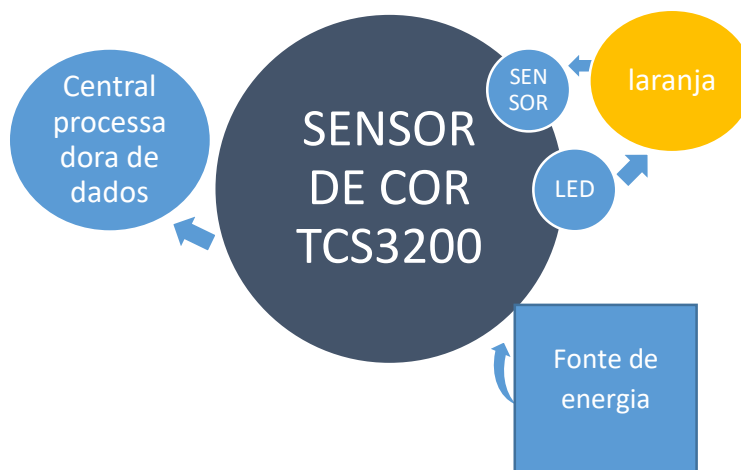


Figura 12 Esquema de arquitetura para o sensor TCS32000. (TAOS, 2011)

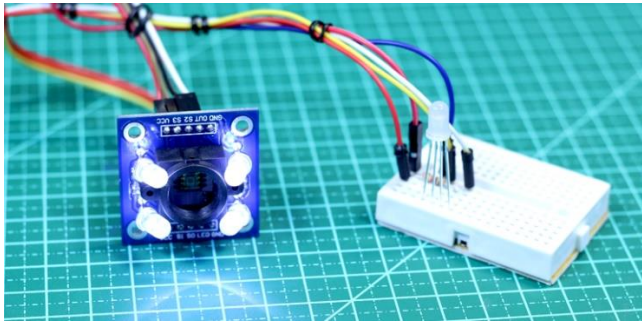


Figura 13 Equipamento ligado – sensor de luz visível TCS32000.

4.2.2 Delineamento experimental do sensor de cor

Foi realizada a técnica de comparação de cor do equipamento desenvolvido com um de referência. Para tanto, o que foi utilizado como referência foi um colorímetro de mão, da marca Konica Minolta, modelo CM-600.

Para esse experimento, foram utilizadas 24 laranjas de cultivo orgânico em estágio de maturação ótima, determinada empiricamente por meio do ponto de colheita, utilizado pelos produtores de laranja de Capanema, para comparação de leituras.



Figura 14 Espectrofotômetro CM-600d (KONICA-MINOLTA, 2008).

O CM-600d é um espectrofotômetro portátil, desenhado para avaliar a cor e a aparência de várias amostras de tamanho médio a grande, incluindo objetos com superfícies planas, com formas ou curvas. Esse espectrofotômetro confiável e de alta precisão permite aos usuários avaliar, reproduzir e controlar a cor de pigmentos e corantes em um processo ágil e mais eficaz. Seus recursos avançados ajudam a estabelecer e cumprir as normas de qualidade de cor de forma mais eficiente, manter a consistência em cada lote de material, comunicar a cor perfeitamente, internamente e ao longo da cadeia de produção. Isso faz com que o CM-600d seja ideal para análise de cor, formulação, inspeções de controle de qualidade, bem como para os procedimentos de controle de processos em ambientes de pesquisa e produção (KONICA-MINOLTA, 2008).

O espectrofotômetro CM-600d é compatível com o software SpectraMagic NX para registrar medições e fornecer uma análise mais completa da cor, bem como o software Colibri para formular receitas de cor de diferentes aplicações. Para aplicações dermatológicas, o CM-600d também pode ser usado com o software de Análise de Pele CM-SA (KONICA-MINOLTA, 2008).



Figura 15 Espectrofotômetro CM-600d (KONICA-MINOLTA, 2008).

As medições no protótipo e no aparelho de referência ocorreram em curto espaço de tempo sem variação da temperatura ambiente. Os dados coletados foram analisados estatisticamente para verificar a correlação do protótipo comparado ao equipamento de referência.

4.2.3 Display de informações do protótipo

O display oled i2c azul amarelo 0.96 polegadas tem a vantagem de visualizar com muita nitidez e com baixo consumo de energia. Tem a limitação de exibir um número pequeno de informações, mas é adequado para esse protótipo. Isso é possível devido ao alto contraste dos displays OLED (Organic Light-Emitting Diode).

Cada um dos 128x64 pixels são controlados individualmente via I2C pelo chip controlador SSD 1306. O display OLED tem luz própria, logo, não há necessidade de backlight, o que intensifica seu contraste e economiza muita energia, ideal para uso no campo. Para facilitar a arquitetura do protótipo, possui uma barra de 4 pinos que já vem soldada e pode ser conectada diretamente na placa protoboard (TAOS, 2011).



Figura 16 Display OLED 0.96" I2C Azul Amarelo (TAOS, 2011).

4.2.4 Transmissão de longa distância Lo-Ra 32

A transmissão de informações do protótipo é feita por meio do sistema Lo-Ra que se assemelha ao WiFi e ao Bluetooth, porém, permite comunicações em longas distâncias e com um baixo consumo de energia.



Figura 17 WiFi BLE Lo-Ra32 (TAOS, 2011).

Lo-Ra, que significa Long Range, é uma tecnologia sem fio aplicada em rede LPWAM (Low Power Wide Area Network), que foi criada para uso de IOT (Internet das Coisas), mas que se mostra muito eficiente na agricultura (TAOS, 2011).

Ao utilizar o Lo-Ra, em áreas urbanas, é possível atingir uma comunicação sem fio de até 4Km. Considerando áreas rurais, mais especificamente pomares de laranja, é possível obter comunicação sem fio de até 15Km (ROA *et al.*, 2013).

4.2.5 Programa de computador

A programação adaptada para Arduino C++ é uma linguagem de programação compilada multiparadigma (seu suporte inclui linguagem imperativa, orientada a objetos e genérica). Esse é responsável por converter os sinais de leitura dos sensores e, em seguida, transformar em números. Também, realiza análise de resultados indicando a classificação de maturação da laranja, de acordo com faixas de cor previamente determinadas, que podem ser facilmente alteradas (para diferentes regiões, cultivares ou etapas do processo de pós-colheita).

Ao realizar a leitura de cor da laranja, primeiramente, irá considerar a temperatura e umidade ambiente para verificar se esses parâmetros estão dentro da faixa indicativa do fabricante; caso o resultado seja compatível, a análise prossegue; caso o resultado seja incompatível, o painel de LED mostrará ERRO.

Nesse programa, utilizamos 4 faixas de classificação da laranja para uso durante a análise de campo: a- verde (0,050 – 0,080); b- pré-madura (0,081 – 0,110); c- madura (0,111 – 0,150) e d- passada (0,151 – 0,249).

Esse programa ainda inclui a função de transmissão de informações por meio do sistema longo alcance de dados e o sistema de coleta desses dados no centro de processamento e armazenamento de dados.

4.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas para verificar a relação entre a coloração da casca de laranja e o comportamento de suas propriedades, como pH, ácido cítrico e sólidos solúveis. Somente, então, foi possível criar um parâmetro que relaciona a coloração com o estágio de maturação do fruto [a- verde (0,050 – 0,080); b- pré-madura (0,081 – 0,110); c- madura (0,111 – 0,150) e d- passada (0,151 – 0,249)].

Para a realização das avaliações físico-químicas, foi extraído o suco dos frutos com uso de um espremedor elétrico de laranja de uso doméstico.

O pH foi determinado por meio do método potenciométrico, com pHmetro digital de bancada, calibrado com soluções tampão pH 4,0 e 7,0 a 20°C.

A acidez titulável é expressa em ácido cítrico, determinada com base na titulação ácido-base, utilizando a solução de NaOH a 0,1 Mol.L⁻¹, como agente titulante e como indicador; a solução alcóolica de fenolftaleína a 1% com resultados expressos em ácido cítrico.

Há a análise do teor de sólidos solúveis, determinada com uso do refratômetro de bancada tipo Abbe e expressa em °Brix com resultados corrigidos para 20°C. Essas análises seguiram as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

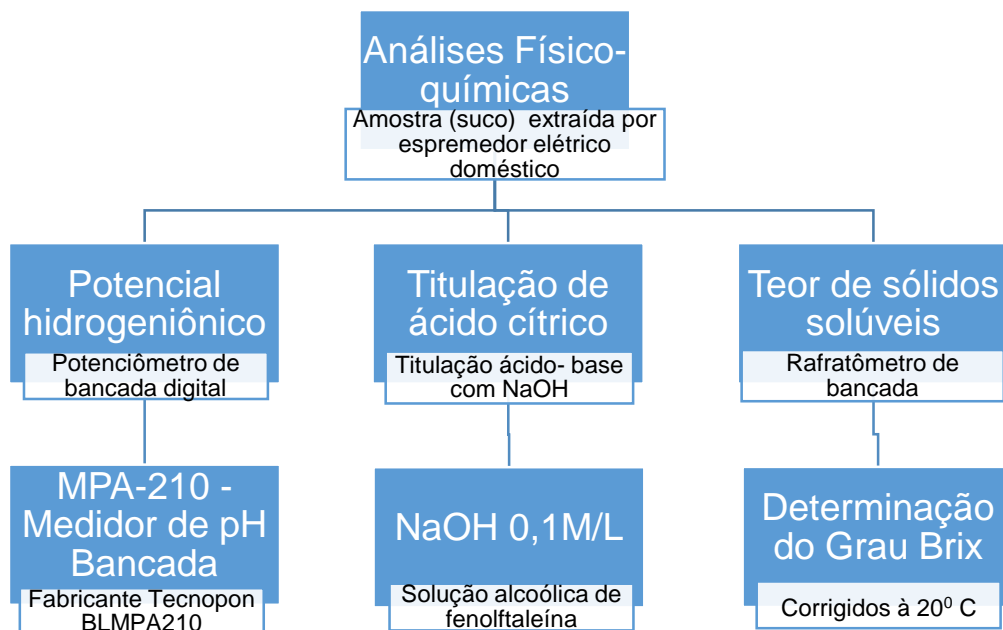


Figura 18 Organograma das análises físico-químicas.

4.4 Busca de anterioridade

Foram realizadas pesquisas de anterioridade por meio de ferramentas de buscas disponíveis de forma gratuita (Google Patents, 2020 e sítio do INPI, 2020) com limitação de origem de depósito (restrito a patentes protegidas no Brasil). Isso porque, em cada país que deseja proteger a inovação, é necessário um processo de análise pela instituição

governamental responsável por regulamentar esse procedimento de direito à propriedade intelectual.

Como o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de laranjas, a pesquisa realizada nesse banco de dados já abrange a maioria das inovações da área, já que não é relevante registrar a proteção de patente em outros países e nem necessário para o registro no INPI. E, também, não é salutar que as empresas criadoras de tecnologia para produção de laranja invistam tempo, esforços e recursos para registrar e proteger a tecnologia em países que não possuem produção relevante do fruto, já que provavelmente não será “copiado” esse equipamento, já que não terá utilização prática nem mercado consumidor.

A busca resultou no relatório de percepção de anterioridades em bases tecnológicas de documentos de patentes e análise de patenteabilidade. Essa procura teve como objetivo apresentar documentos de patentes disponíveis em base de dados nacionais (escritos em português ou inglês) e analisar a viabilidade de um depósito de pedido de patente do objeto proposto. As palavras-chave foram: colorímetro, Arduino, pré-colheita, frutos, laranja.

As pesquisas concentraram-se nas áreas de Classificação Internacional mais relevantes, por exemplo, o Acordo de Estrasburgo, referente à CIP - Classificação Internacional de Patentes (1971), que classifica a sessão G – utilização de propriedade física do invento; classifica classe 01 como aplicação de mensuração/teste; classifica como subclasse J, que indica investigação ou análise de materiais ao determinar suas propriedades físicas de medição de intensidade; grupo 03/0202, que indica utilização de meios ópticos.

Diante disso, finaliza-se a Classificação Internacional de patentes G 01 J 3 / 0202, que possui como características específicas:

1. Detalhes relacionados a elementos ópticos específicos de espectrômetros, exceto prismas gerais, filtros, grades e fotodetectores.
2. Espectrômetros.
3. Anexos para espectrômetros, correspondência com câmeras, correção de luz dispersa.
4. Concentradores de luz parabólicos. Colimadores. Persianas.
5. Microscópios com divisores de feixe para espectrometria.
6. Esse grupo possui vários subgrupos dedicados correspondentes a cada tipo de detalhe. Para os raros casos em que um aspecto específico não é previsto, o presente grupo é utilizado.

O processo de classificação de forma correta é essencial para encontrar inovações precursoras ou semelhantes, que fornecem com clareza a possibilidade ou não de registrar a propriedade intelectual em tela.

4.4.1 Sessão G

De acordo com o EPO European Patent Office (2021), o sistema de Classificação de Patentes Cooperativo (CPC), em vigor desde 1 de janeiro de 2013, é um sistema bilateral desenvolvido conjuntamente pela OEP e o USPTO. Combina as melhores práticas de classificação dos dois organismos.

Seguindo essa metodologia de classificação de patentes, classificamos nosso experimento como sessão G e excluímos outras possibilidades já que, nesta seção, o seguinte termo é usado com o significado indicado: "variável" (como um substantivo) significa um recurso ou propriedade (por exemplo, uma dimensão, uma condição física, como temperatura, uma qualidade tal, como densidade ou cor) que, em relação a uma entidade particular (por exemplo, um objeto, uma quantidade de uma substância, um feixe de luz) e em um determinado instante, é capaz de ser medido; a variável pode mudar, de modo que sua expressão numérica pode assumir valores diferentes em momentos diferentes, em condições ou casos individuais diversos, mas podem ser constantes em relação a uma entidade particular em certas condições ou para fins práticos (por exemplo, o comprimento de uma barra pode ser considerado como constante para muitos propósitos). Chama-se a atenção para as definições de termos usados que aparecem nas notas de várias das classes nesta seção, particularmente, de "medição", na classe G01, e a classe designada como G05, que é "controle" e "regulação".

4.4.2 Sessão G Classe 01

A classificação das invenções, nesta seção, pode apresentar mais dificuldade do que em outras porque a distinção entre diferentes campos de uso depende, em grande medida, das diferenças na intenção do usuário, e não de quaisquer diferenças ou diferenças na forma de uso das invenções. Também, porque os assuntos tratados estão frequentemente em vigor sobre sistemas ou combinações que têm características ou partes em comum, em vez de "coisas" que são facilmente distinguíveis como uma inteira. Por exemplo, informações (por exemplo, um conjunto de figuras) podem ser exibidas para fins educacionais ou publicitários (G09), para permitir que o resultado de uma medição seja conhecido (G01), para sinalizar a informação a um ponto distante ou para dar informação sinalizada de um ponto distante (G08); as palavras usadas para descrever o propósito dependem dos recursos, o que pode ser irrelevante para a forma do aparelho em questão - características como o efeito desejado na pessoa que vê a exibição ou se a exibição é controlada de um ponto remoto. Novamente, um dispositivo que responde a alguma mudança em uma condição, por exemplo, na pressão de um fluido, que pode ser usado, sem modificação do próprio dispositivo, para dar informações sobre a pressão (G01L) ou sobre alguma outra condição conectada com a pressão (outra subclasse de G01, por exemplo, G01K para temperatura), para fazer um registro da pressão ou de sua ocorrência (G07C), para dar um alarme (G08B), ou controlar algum outro aparelho

(G05). O esquema de classificação destina-se a permitir que coisas de natureza semelhante (conforme indicado acima) sejam classificadas juntas e é, portanto, particularmente necessário que a natureza real de qualquer invenção seja decidida antes que possa ser devidamente classificada.

Quando tratamos da classe G01, ela cobre, além de instrumentos de medição "verdadeiros", outros dispositivos de indicação ou registro de construção análoga, bem como dispositivos de sinalização ou controle no que diz respeito à medição e são não especialmente adaptados para o propósito particular de sinalização ou controle.

Esse termo é usado com o significado indicado: "medição" para cobrir consideravelmente mais do que seu significado primário ou básico. Nesse sentido, primário significa encontrar uma expressão numérica do valor de uma variável em relação a uma unidade ou dado, ou a outra variável da mesma natureza; por ex.: expressar um comprimento em termos de outro comprimento, como na medição de um comprimento com uma escala; o valor pode ser obtido diretamente ou medindo alguma outra variável, cujo valor pode ser relacionado ao da variável necessária, como na medição de uma mudança na temperatura, medindo uma mudança resultante no comprimento de uma coluna de mercúrio.

4.4.3 Sessão G Classe 01 Subclasse J

Ao se classificar como G01J, determina que o invento está investigando ou analisando materiais ao determinar suas propriedades físicas de medição de intensidade, velocidade, conteúdo espectral, características de polarização, fase ou pulso do infravermelho, visível ou luz ultravioleta; colorimetria; pirometria de radiação (luz fontes F21, H01J, H01K, H05B; investigar propriedades de materiais por meios ópticos G01N).

Essa subclasse cobre a detecção da presença ou ausência de luz infravermelha, visível ou ultravioleta, não fornecida de outra forma.

É importante ressaltar que, nessa subclasse, os seguintes termos são usados com os significados indicados:

- "investigar" significa testar ou determinar;
- "materiais" inclui meios sólidos, líquidos ou gasosos, por ex.: a atmosfera.

Se a investigação fosse das propriedades dos materiais, especialmente adaptados para uso em processos abrangidos pela subclasse B23K, é classificada em grupo B23K 12/31.

4.4.4 Sessão G Classe 01 Subclasse J Grupo 3/00

Nesse grupo, enquadram-se inventos que utilizam medições com espectrometria; espectrofotometria; monocromadores ou medição de intensidade de cores.

4.4.5 Sessão G Classe 01 Subclasse J Grupo 3 Subgrupo 0202

Nesse subgrupo, destacam-se os equipamentos que são de uso portátil para medição, elementos mecânicos de leitura e suporte para elementos ópticos.

Denota-se que, em nenhum momento, foram enquadrados dados específicos de forma a descaracterizar o invento e mascarar uma pesquisa de anterioridade, como termos: laranja, citrus, Arduino, frutas, orgânica, agricultura, colheita, pré-colheita. Esses termos, apesar de serem intrínsecos ao protótipo em tela, não se prestam à pesquisa de equipamentos semelhantes anteriormente registrados, pois deixam muito específico e não destacam sobre a classificação de patentes.

Na figura a seguir, finaliza-se a construção do código da invenção para que a busca de anterioridade esteja completa e disponibilize o maior número de resultados semelhantes à verificação da inventividade do protótipo.

Classificação Patente Cooperativa

Pesquisar por

Visualizar a Seção | Índice | A | B | C | D | E | F | **G** | H | Y |

« G01J1/00 G01J4/00 »

Símbolo	Classificação e descrição	
<input checked="" type="checkbox"/> G	PHYSICS	<input type="button" value="S"/> <input type="button" value="i"/>
INSTRUMENTS		
<input checked="" type="checkbox"/> G01	MEASURING; TESTING	<input type="button" value="i"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J	MEASUREMENT OF INTENSITY, VELOCITY, SPECTRAL CONTENT, POLARISATION, PHASE OR PULSE CHARACTERISTICS OF INFRA-RED, VISIBLE OR ULTRA-VIOLET LIGHT; COLORIMETRY; RADIATION PYROMETRY (light sources F21 , H01J , H01K , H05B ; investigating properties of materials by optical means G01N)	<input type="button" value="S"/> <input type="button" value="D"/> <input type="button" value="i"/> <input type="button" value="!"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J 1/00	Photometry, e.g. photographic exposure meter (spectrophotometry G01J 3/00 ; specially adapted for radiation pyrometry G01J 5/00 {; exposure meters built in cameras G03B 17/06 })	<input type="button" value="D"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J 3/00	Spectrometry; Spectrophotometry; Monochromators; Measuring colours	<input type="button" value="D"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J 4/00	Measuring polarisation of light (investigating or analysing materials by measuring rotation of plane of polarised light G01N 21/21)	<input type="button" value="D"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J 5/00	Radiation pyrometry	<input type="button" value="D"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J 7/00	Measuring velocity of light	<input type="button" value="D"/>
<input checked="" type="checkbox"/> G01J 9/00	Measuring optical phase difference (devices or arrangements for controlling the phase of light beams G02F 1/01); Determining degree of coherence; Measuring optical wavelength (spectrometry G01J 3/00)	<input type="button" value="D"/>

Figura 19 Modelo de construção da classificação da patente da inovação do protótipo.

4.5 Análise estatística

4.5.1 Comparação entre leitor de cor de equipamento de referência comparado ao protótipo

Os resultados foram confrontados, par a par de medições e por meio de análise do erro absoluto médio, erro percentual médio, desvio absoluto máximo, desvio absoluto mínimo e correlação pelo coeficiente de Pearson.

4.5.2 Análise estatística da relação da coloração mensurada com o protótipo e o pH, ácido cítrico e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, para comparação entre as médias dos tratamentos, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Comparação entre leitor de cor de equipamento de referência comparado ao protótipo

Na figura a seguir, são comparados dados coletados do protótipo de baixo custo em relação ao equipamento padrão. O protótipo obteve resultados significativamente próximos do equipamento de referência, mas que, para uma substituição imediata e efetiva, necessita passar por alguns ajustes de maturação de nível tecnológico, normal para praticamente todas as inovações. Não é possível afirmar que as leituras são idênticas, mas mantêm uma forte correlação e, para uso comercial, é possível estabelecer um fator de correção para que os resultados da leitura do pacote tecnológico tenham maior acurácia e eficiência.

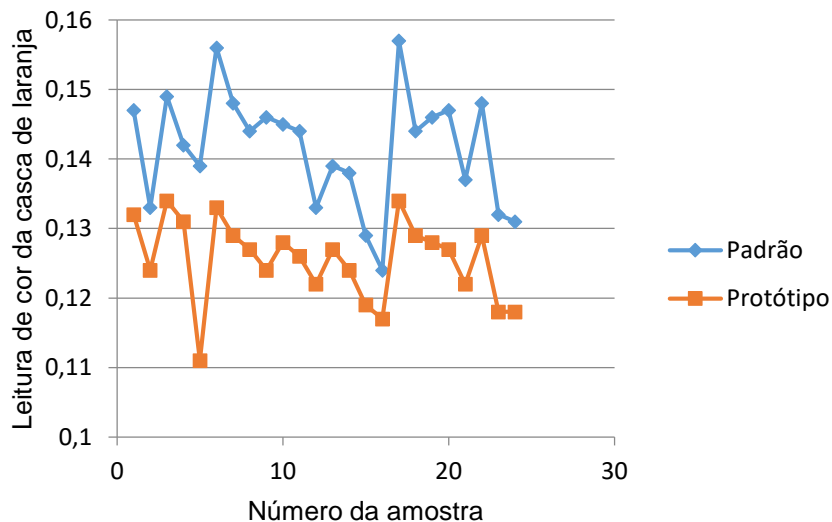


Figura 20 Comparação do equipamento padrão com o protótipo desenvolvido.

De acordo com a análise do teste de correlação, presente na tabela a seguir, é possível detectar que as medidas do protótipo com o equipamento padrão possuem correlação de pouco mais de 0,8 (coeficiente de Pearson). Isso denota correlação forte. Ao analisar estatisticamente a correlação entre o equipamento de referência e o protótipo, verificou-se um erro de aproximadamente 11%, em comparação com o equipamento padrão, o que indica forte correlação.

Tabela 1 Análise da correlação e do erro médio do teste.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	VALORES
Erro máximo	0,028

Erro Médio	0,0168
Erro mínimo	0,007
Correlação	0,8021
Erro % Médio	11,87%

Para o resultado após a análise de variância ANOVA de um fator, presente na tabela a seguir, conforme o teste F (Fisher-Snedecor) de comparação de médias, o fator se refere ao veículo de medição (protótipo versus equipamento padrão). Então, foi verificado se o equipamento de medição influencia a resposta (cor medida).

Tabela 2 Análise de variância do teste: fator único.

Resumo				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Leitura cor protótipo	24	3,013	0,125541667	3,46938E-05
Leitura Padrão	24	3,398	0,141583333	6,85145E-05

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,003088021	1	0,003088021	59,8405329	0,0000000007	4,051748692
Dentro dos grupos	0,002373792	46	5,16042E-05			
Total	0,005461813	47				

Os resultados denotam que, para um nível de significância de 5% (95% de confiança), o F calculado é de 59,84, contra um F crítico de 4,05. Nesse caso, como F calculado é maior que F crítico, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, não podemos aceitar que a média das observações são iguais. De forma equivalente, o instrumento de medição influencia o resultado.

Apesar dos valores absolutos indicarem resultados distintos, a leitura do protótipo comparado ao equipamento de referência apresentou forte correlação. Isso indica que, após identificar o fator de erro, é possível adequar a programação do resultado de maturação já utilizando essa correção, de modo que o display apresenta o valor já corrigido para o técnico que está realizando as leituras em campo.

Essa tecnologia desenvolvida tem grande potencial para se enquadrar em inovação complementar, ou seja, que podem também inserir outros sensores após novas pesquisas; exemplo: de localização, de gases, de pressão barométrica, de brilho, de luminosidade; ou atribuir novas aplicações: utilizar para outras frutas, outros vegetais, outras etapas do processo e até mesmo aprimorar com novos softwares; com aplicativo para celular, com

interface da previsão do tempo para determinação do melhor dia de colheita, com interface na logística de transporte, com interface no destino final para a previsão de chegada, entre outras necessidades (MONTANHA, 2009).

De acordo com Gil (2014), ocorre um grande equívoco quando empresas procuram tecnologias disruptivas com alto grau de maturação tecnológica para investimento, pois essas já estão com uma estrutura muito mais sólida e terão um custo muito alto para aquisição. Já o investimento, após uma pesquisa detalhada em inovação com baixo grau de nível de prontidão tecnológica, garante melhor resultado, já que os inventores, geralmente, devido ao conhecimento de área técnica, chegam ao nível 4 de 9 (MANKINS, 1995).

A construção de novas tecnologias, que pretendem substituir equipamentos de alto custo, é totalmente necessária e, muitas vezes, compensa a momentânea diminuição da precisão dos resultados pela escalabilidade do acesso dos equipamentos. Aconteceu em 1997, quando o uso do GPS ofuscou todas as outras tecnologias, pois o impacto da inovação, causado por essa tecnologia, revolucionaria vários setores, principalmente a agricultura. Na época, o grande desafio era dominar a tecnologia oferecida pelo receptor de GPS na automação, aplicá-la às máquinas agrícolas e viabilizá-la para apoiar a gestão operacional da lavoura, levando-se em consideração a variabilidade espacial. Isso sabendo que o uso do equipamento era acessível de forma escalar, ainda que não tivesse a mesma qualidade de equipamentos de referência (BRASE, 2005).

5.2 Relação da coloração mensurada com o protótipo e o pH, acidez titulável e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja

5.2.1 Análise da relação dos sólidos solúveis tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo

O coeficiente de correlação de Pearson (p), que está calculado na tabela a seguir, é um teste que avalia a relação estatística entre duas variáveis contínuas. Esse coeficiente pode apresentar um intervalo de valores de +1 a -1, de maneira que o valor de 0 indica que não há associação entre as duas variáveis.

O $p = 0,8784$ indica que apresenta uma forte correlação entre a coloração da casca de laranja mensurada pelo pacote tecnológico relacionado com concentração de sólidos solúveis tituláveis.

Tabela 3 Análise da relação dos sólidos solúveis tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.

Amostras	Sólidos solúveis tituláveis	Leitura cor protótipo
-----------------	--	------------------------------

1	11,30	0,132
2	11,20	0,124
3	11,30	0,134
4	11,29	0,131
5	11,06	0,111
6	11,24	0,133
7	11,21	0,129
8	11,19	0,127
9	11,17	0,124
10	11,19	0,128
11	11,19	0,126
12	11,10	0,122
13	11,17	0,127
14	11,15	0,124
15	11,08	0,119
16	11,08	0,117
17	11,32	0,134
18	11,12	0,129
19	11,15	0,128
20	11,15	0,127
21	11,10	0,122
22	11,17	0,129
23	11,05	0,118
24	11,06	0,118
Correlação p		0,8784

O gráfico, a seguir, destaca a equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de relação ($R= 0,8784$) da relação de sólidos solúveis tituláveis, bem como a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo. O coeficiente de determinação $R^2 = 77,17\%$ é uma medida de ajuste de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear simples ou múltipla, aos valores observados de uma variável aleatória. Assim, quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo linear, ou seja, melhor ele se ajusta à amostra. Portanto, 77,14% da presença dos sólidos solúveis tituláveis são explicados pela leitura da variação da coloração da casca de laranja medido com o protótipo desenvolvido.

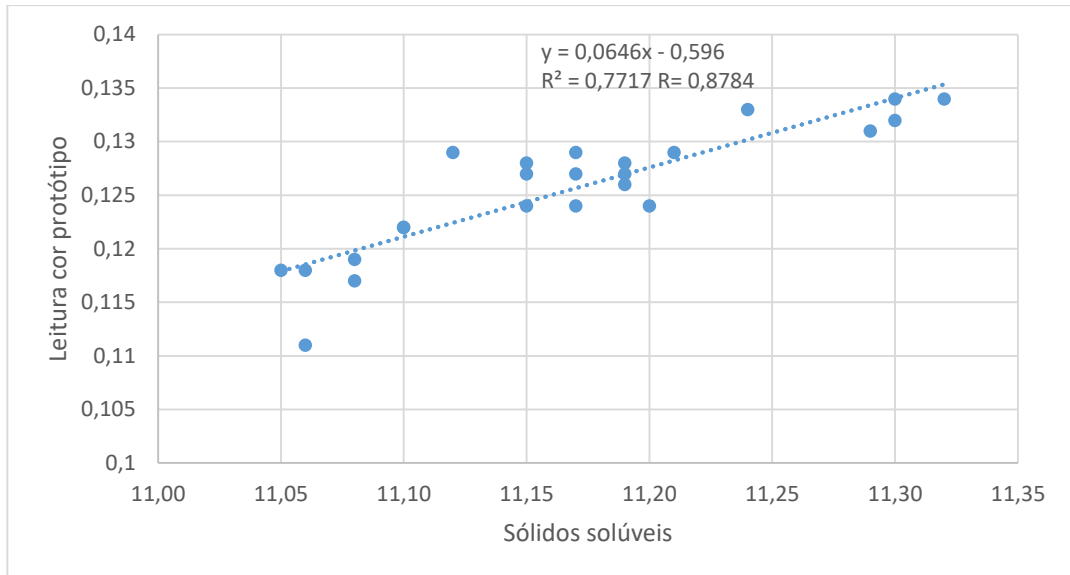


Figura 21 Equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R²) e o coeficiente de relação (R) da relação de sólidos solúveis tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.

De acordo com Ávila *et al.* (2021), que realizaram uma análise físico-química e sensorial em laranjas, seus resultados corroboram este experimento, que indica que o incremento da coloração laranjada aumenta a quantidade de sólidos solúveis tituláveis, o que está diretamente relacionado com a sensação de dulçor.

Santos (2020) realizou a caracterização físico-química de frutos e determinação de óleos essenciais da casca de trinta variedades de laranjas doces. Nessa pesquisa, ele também comparou a leitura de cor da casca das laranjas com a quantidade de sólidos solúveis tituláveis, confirmando a relação direta entre essas medidas e corroborando os resultados encontrados neste experimento.

5.2.2 Análise da relação da acidez titulável e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo

Na análise do coeficiente de correlação de Pearson (p), que está calculado na tabela a seguir, o $p = 0,8248$ indica que apresenta uma moderada correlação entre a coloração da casca de laranja, mensurada pelo pacote tecnológico relacionado com acidez titulável. É um indicativo de que esse protótipo não é adequado para análise não destrutiva da laranja por meio da leitura da coloração da casca para prever a acidez titulável.

Tabela 4 Análise da relação acidez titulável e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo

Amostras	Acidez titulável (g de ácido cítrico.100 mL⁻¹)	Leitura cor protótipo
1	0,699	0,132
2	0,681	0,124
3	0,692	0,134
4	0,687	0,131
5	0,654	0,111
6	0,692	0,133
7	0,681	0,129
8	0,683	0,127
9	0,651	0,124
10	0,682	0,128
11	0,676	0,126
12	0,649	0,122
13	0,674	0,127
14	0,669	0,124
15	0,659	0,119
16	0,659	0,117
17	0,719	0,134
18	0,674	0,129
19	0,679	0,128
20	0,677	0,127
21	0,679	0,122
22	0,681	0,129
23	0,657	0,118
24	0,662	0,118
Correlação p		0,8248

Na sequência, é apresentado o gráfico que indica a equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação $R^2 = 68,04\%$ e o coeficiente de relação ($R=0,8248$) da relação da acidez titulável, bem como a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo. O coeficiente de determinação indica que 68,04% da presença da acidez titulável são explicados pela leitura da variação da coloração da casca de laranja medido com o protótipo desenvolvido. Portanto, não há uma relação significativa entre as leituras de coloração da casca de laranja pelo protótipo com a acidez titulável.

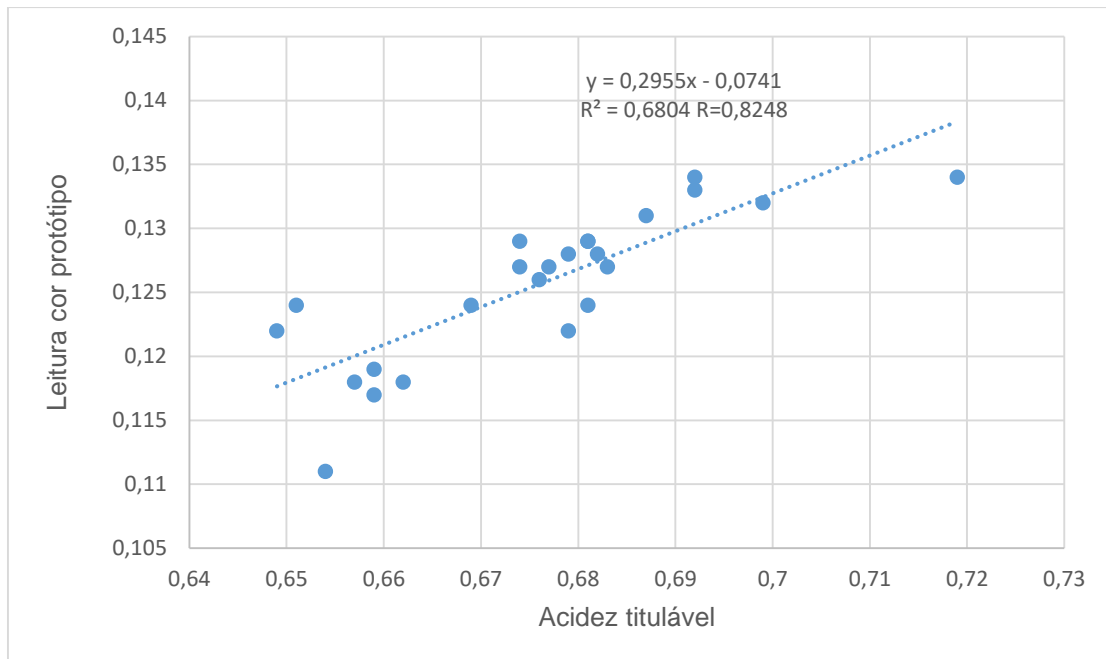


Figura 22 Equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de relação (R) da relação da acidez tituláveis e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.

Mattos *et al.* (1999), que realizaram avaliação de curvas de maturação de laranjas por análise de agrupamento, concluíram que a variação da acidez titulável é um importante fator que sofre alteração com o decorrer do processo de maturação da laranja pera. A diminuição da acidez do fruto está relacionada com a melhor aceitação industrial desse fruto, a qual decorre pelas transformações bioquímicas por meio da reação de oxirredução em que ácidos são transformados em carboidratos.

Segundo Couto (2018), que pesquisou cultivares de *Citrus sinensis*, como alternativas para a diversificação dos pomares brasileiros, foi possível avaliar as características físico-químicas de diferentes cultivares de laranja, visando à identificação daquelas com potencial para o mercado consumidor e/ou para processamento. Após, houve a necessidade de avaliar também a coloração da casca, diâmetro longitudinal e transversal, teores de acidez titulável, entre outros. Concluiu-se que a relação entre a cor da casca da laranja e a acidez titulável é fator correlacionado, bem como muito importante para a aceitação do fruto entre os consumidores e indústrias processadoras.

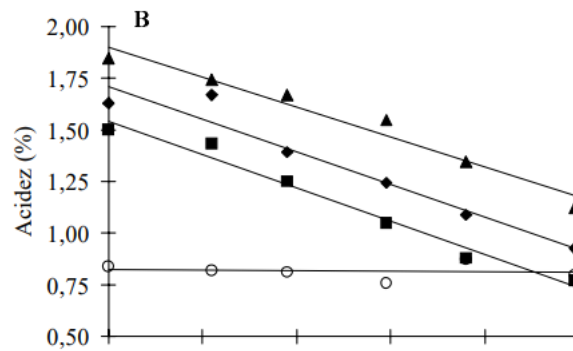


Figura 23 Alteração do pH de acordo com o passar dos dias de maturação. Fonte: Mattos et al. (1999).

5.2.3 Análise da relação do pH e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo

O coeficiente de correlação de Pearson (r), que está calculado na tabela a seguir, indica a relação estatística entre as duas variáveis de coloração da casca de laranja e o pH. Esse coeficiente, quanto mais próximo de 1, indica que não há maior associação entre as duas variáveis. Por apresentar $r = 0,8260$, indica que apresenta uma moderada correlação entre a coloração da casca de laranja, mensurada pelo pacote tecnológico relacionado com concentração de hidrogênios ionizáveis, ou seja, não é um teste relevante para a predição do pH não destrutivo da laranja.

Tabela 5 Análise da relação do pH e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.

Amostras	pH	Leitura cor protótipo
1	3,89	0,132
2	3,71	0,124
3	3,91	0,134
4	3,86	0,131
5	3,55	0,111
6	3,86	0,133
7	3,84	0,129
8	3,68	0,127
9	3,66	0,124
10	3,62	0,128
11	3,80	0,126
12	3,67	0,122
13	3,84	0,127
14	3,71	0,124
15	3,69	0,119
16	3,68	0,117
17	3,91	0,134
18	3,81	0,129
19	3,81	0,128

20	3,81	0,127
21	3,78	0,122
22	3,81	0,129
23	3,69	0,118
24	3,69	0,118
Correlação p		0,8260

O próximo gráfico contém a equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação $R^2 = 68,24\%$ e o coeficiente de relação ($R=0,8260$) da relação do pH, bem como a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo. O coeficiente de determinação indica que 68,24% dos valores do pH são explicados pela leitura da variação da coloração da casca de laranja medido com o protótipo desenvolvido. Portanto, não há uma relação significativa entre as leituras de coloração da casca de laranja pelo protótipo com o pH.

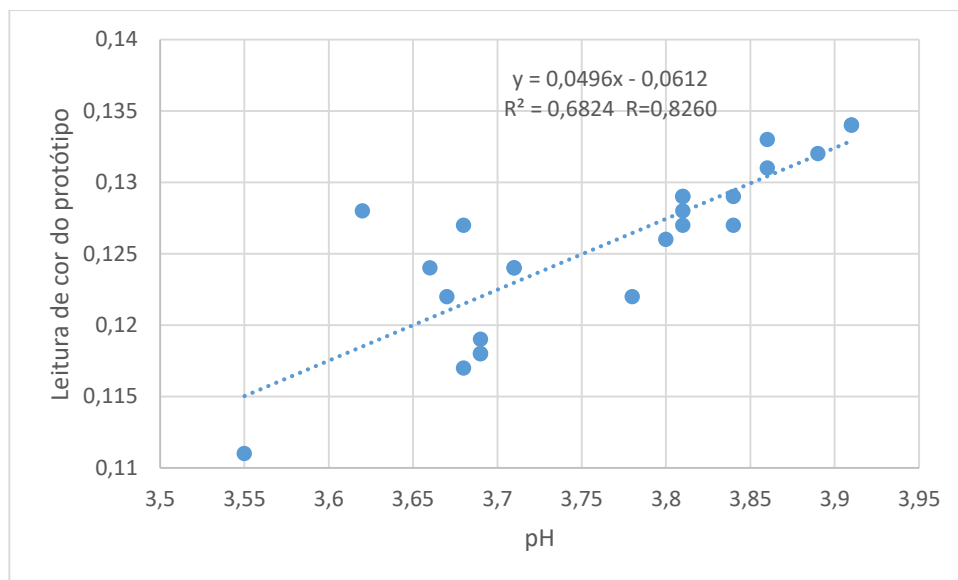


Figura 24 Equação da reta, reta de tendência, coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de relação (R) da relação de pH e a leitura de coloração da casca de laranja no teste do protótipo.

De acordo com Dallago *et al.* (2020), que realizaram a avaliação de sucos de laranja artesanais, produzidos na Microrregião de Erechim, concluiu-se que a maturação da laranja tem relação com a coloração da casca do fruto e que também mantém correlação.

Para Carvalho (2019), que realizou teste de aceitação de laranjas de umbigo 'Navelina', foi possível verificar a possibilidade da introdução de uma variedade cítrica numa nova área baseada principalmente na adaptação edafoclimática associada às propriedades físico-químicas dos frutos. Verificou-se que são necessários estudos sobre vários aspectos sensoriais para conhecer as preferências do consumidor. Os julgadores não treinados foram questionados para avaliar as amostras da laranja 'Navelina', por meio do teste de aceitação realizado em cabines individuais com luz branca, de acordo com os atributos sensoriais do fruto: aparência, firmeza, aroma e sabor. Para avaliar a aceitação de laranjas 'Navelina' (Citrus

sinensis), notou-se que a coloração da casca e a acidez do fruto (pH) foram os quesitos preponderantes na intenção de compra, com base na análise sensorial.

A relação entre os sólidos solúveis tituláveis e a acidez resulta no grau BRIX (unidade °Bx). Essa medida é a mais utilizada pela indústria para classificar a utilização do suco de laranja para produção de produtos e subprodutos, em que 1 grau BRIX significa 1g de açúcar em 100 mL de solução, ou seja, 1% de açúcar na titulação peso/volume. Quanto maior a doçura desse fruto, maior a aceitabilidade principalmente para sucos in natura. E esse é o motivo para demonstrar a relevância do protótipo leitor de casca de laranja, a fim de relacionar com esses fatores físico-químicos. Para Sartori *et al.* (2002), que pesquisaram a maturação de frutos de seis cultivares de laranjas-doces, na depressão central do Rio Grande do Sul, o aprimoramento na identificação do estado ótimo de colheita, baseado na maturação da laranja e análise não destrutiva, para determinação dos teores percentuais da relação suco/bagaço, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT são importantes para a valorização na venda da fruta.

5.2.4 Análise da relação da coloração mensurada pelo protótipo e o pH, acidez titulável e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja

Para avaliar estatisticamente a leitura da coloração mensurada com o protótipo, como variável dependente e 3 variáveis independentes: pH, acidez titulável e sólidos solúveis, foi realizada a regressão linear múltipla por mínimos quadrados generalizados, teste F para explicação geral do modelo e teste t-Student para significância dos parâmetros das variáveis independentes, os quais são demonstrados na próxima tabela.

Analisando o modelo geral, sendo $Y = -0,72 + 0,072 \cdot X_1 + 0,0499 \cdot X_2 - 0,00199 \cdot X_3$, algumas das variáveis independentes guardam causalidade com a leitura de cor pelo equipamento de referência.

Tabela 6 Análise estatística da coloração mensurada com o protótipo como variável dependente e 3 variáveis independentes: pH, acidez titulável e sólidos solúveis; regressão linear múltipla por mínimos quadrados generalizados, teste F e teste t-Student.

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,954444708
R-Quadrado	0,910964701
R-quadrado ajustado	0,897609407
Erro padrão	0,00385477
Observações	24

ANOVA

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	3	0,003040648	0,001013549	68,21000326	1,11047E-10
Resíduo	20	0,000297185	1,48592E-05		
Total	23	0,003337833			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Intersecção	0,720780158	0,088225074	8,169788102	8,41398E-08	-0,904814438	0,536745879
Sólidos solúveis	0,072857127	0,005143546	14,16476625	6,88858E-12	0,062127878	0,083586376
Acidez	0,049993728	0,087545532	0,57105973	0,574320657	-0,132623052	0,232610508
PH	0,001999722	0,009023882	0,221603324	0,826869674	-0,020823211	0,016823767

Como F calculado (68,21) é maior que F crítico ($1,1 \times 10^{-10}$), conclui-se que ao menos um parâmetro das variáveis independentes é diferente de zero.

Analisando as variáveis independentes na tabela a seguir, destaca-se que apenas existe relação de causalidade significativa entre sólidos solúveis e a leitura de cor da casca de laranja do protótipo, pois o zero não está contido no intervalo de confiança, portanto, há relação dos sólidos solúveis com a leitura de cor do protótipo.

Tabela 7 Análise da relação significativa da coloração mensurada com o protótipo como variável e o pH, acidez titulável e sólidos solúveis.

Fator	Intervalo	Análise
Intersecção	[-0,905;-0,537]	Como o zero não está contido no intervalo de confiança, o hiperplano passa pela origem
Sólidos Solúveis	[0,062;0,084]	Como o zero não está contido no intervalo de confiança, há relação de sólidos solúveis com a leitura cor
Acidez	[-0,133;0,233]	Como o zero ESTÁ contido no intervalo de confiança, não há relação significativa entre PH e a leitura cor
PH	[-0,021;0,017]	Como o zero ESTÁ contido no intervalo de confiança, não há relação significativa entre acidez e a leitura cor

5.2.5 Análise da relação da coloração mensurada com o equipamento de referência e o pH, acidez titulável e Sólidos Solúveis Tituláveis da laranja

Para avaliar estatisticamente a leitura da coloração mensurada com o equipamento padrão, como variável dependente e 3 variáveis independentes: pH, acidez titulável e sólidos solúveis, foi realizada a regressão linear múltipla por mínimos quadrados generalizados, teste F para explicação geral do modelo e teste t-Student para significância dos parâmetros das variáveis independentes, os quais são demonstrados na próxima tabela.

Analisando o modelo geral, sendo $Y = 0,178 + 0,00009 \cdot X_1 - 0,0329 \cdot X_2 - 0,0041 \cdot X_3$, somente os sólidos solúveis guardam pequena causalidade com a leitura de cor pelo equipamento de referência.

Tabela 8 Análise estatística da coloração mensurada com o equipamento de referência como variável dependente e 3 variáveis independentes: pH, acidez titulável e sólidos solúveis; regressão linear múltipla por mínimos quadrados generalizados, teste F e teste t-Student.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,059342687
R-Quadrado	0,003521555
R-quadrado ajustado	-0,145950212
Erro padrão	0,008860824
Observações	24

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	3	5,54938E-06	1,84979E-06	0,023559998	0,994942054
Resíduo	20	0,001570284	7,85142E-05		
Total	23	0,001575833			

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores
Interseção	0,178207156	0,20279988	0,87873403	0,389980989	-0,24482598	0,601240291
Sólidos solúveis	9,0215E-05	0,011823289	0,007630278	0,993987576	-0,024572733	0,024753163
Acidez	-0,032934638	0,201237841	-0,163660265	0,871641145	-0,452709418	0,386840142
PH	-0,004107497	0,020742882	-0,198019614	0,845028585	-0,047376391	0,039161396

5.3 Pacotes tecnológicos utilizados para colheita de frutas

De acordo com Nunes (2015), o uso de pacotes tecnológicos baseado em rede de sensores sem fio desenvolvido é capaz de auxiliar a gestão da pós-colheita de tomate cereja por meio da predição da vida útil, tanto do ponto de vista da coloração do fruto quanto da perda de massa. Também, destaca que a Rede de Sensores Sem Fio, baseada em protocolo Radiuino (tecnologia de baixo custo), mostrou-se eficaz como plataforma tecnológica para a predição da vida útil de tomates cereja. Nesse trabalho, também se destaca o desafio na calibração e a validação dos modelos, bem como a necessidade de realizar novas pesquisas para ficar mais assertiva a predição da vida útil. Ressalta-se que a predição, baseada na cor, tem um limitante, pois só é funcional a partir do ângulo de 120°; antes disso, não é possível distinguir a maturação do fruto, pois a curva sigmoideal nessa região não permite a diferenciação, tornando-se uma limitação do equipamento.



Figura 25 Leitura de tomate cereja com protótipo Arduino (Nunes, 2015)

5.4 Pesquisas de tecnologias na agricultura

Analisando resultados obtidos por Camelo & Gómez (2004), que usaram uma faixa de medidas do ângulo de leitura, variando de $113,3^\circ$ a $59,3^\circ$, é possível perceber que, em alguns sensores mais antigos, o ângulo é fator essencial e torna inviável o uso em campo, já que teriam dificuldades para calibração de ângulo de leitura. Para nosso experimento, padronizamos sempre a leitura muito próxima do fruto que gira muito próximo dos 90° , mas que deve ser aprimorado, caso tenha necessidade de leitura com variação de ângulos para verificar uma possível interferência.

Para testes realizados com pêsego, por Ávila e Silva (1999), foi utilizada uma relação entre a leitura de eixos, a qual era indexada em computador para calcular média quadrática. Dessa forma, mostraram-se adequados para indexar a mudança de cor, mas que também dependia de um centro de processamento desses cálculos, que eram realizados após descarregar os dados em sistema. Diante disso, não propunham uma solução para uso em campo, tampouco com uso de transmissão de dados.

O sensor utilizado neste experimento tem amplo espectro de leitura de cores e a escolha do sensor, considerando a cor do vegetal, é crucial, pois, como são gerados por compostos químicos de moléculas complexas, a saber, clorofila, licopeno, caroteno e antocianina, a leitura deve ser baseada na absorbância e refletância de comprimentos de ondas de luz específicos. Assim, baseado nessa determinação, destacam-se 3 fatores que podem alterar o resultado de forma significativa: o sensor da luz; a composição do composto a ser mensurado e a luz incidente que precisa ser padronizada. A grande vantagem dos sensores é que conseguem determinar pequenas variações de coloração que nem o olho mais treinado de um técnico experiente seria capaz de identificar (TIJSKENS; SCHOUTEN, 2009).

Sikka (2006) utilizou rede de sensores e transmissão de dados sem fio para mapeamento de comportamento animal na pecuária. Verificou controle de alimentação e pastagens para parametrizar processos, bem como criar novas alternativas a fim de

incrementar o resultado do rebanho. Diante disso, os dados elencados corroboram nossa pesquisa de utilizar cada vez mais tecnologias de transmissão de longo alcance, já que a maioria das áreas agrícolas são desprovidas de sinal de wi-fi ou de sinal de celular com alta capacidade de envio de dados. Também, Chaudhary *et al.* (2004) implantaram rede de sensores integrados numa fazenda para monitorar e automatizar processos agrícolas de forma mais planejada e com intuito de aumentar a eficiência de produção. Para Matese (2009), que implantou uma complexa estrutura de estações meteorológicas com transmissão de dados via onda de rádio, a fim de monitorar com detalhes uma produção de uvas, há cada vez mais a necessidade de monitoramento com sensores e transmissão de longa distância de dados para uma evolução competitiva da agricultura e pecuária.

Zhang (2011) utilizou uma rede de sensores sem fio, baseada na tecnologia Zigbee para calibração de sensores de umidade de solo. Lokke (2011) desenvolveu um equipamento baseado em rede de sensores sem fio para monitoramento da taxa de respiração, baseado na medição do oxigênio consumido e na temperatura ambiente, sendo que um dos problemas relatados foi a baixa acurácia na medição da concentração do gás oxigênio, mesmo medindo a respiração dos brócolis, uma das hortaliças com maior taxa de respiração após a colheita.

Na última década, as redes de sensores sem fio (RSSF) começaram a ser utilizadas na agricultura. Vieira (2004) exemplifica o uso de RSSF na monitoração das condições ambientais em estufas de alface, em que cada nó sensor mede os níveis de luz, temperatura e umidade do ar, com a opção de aferir a temperatura e umidade do solo. Entretanto, esses protocolos de comunicação específicos para aplicações agroindustriais são baseados em redes cabeadas e, segundo Guimarães (2004), com o passar dos anos, as exigências à troca de informações entre os diversos módulos eletrônicos cresceram de tal forma que o cabeamento requerido para tais conexões chegou a atingir vários quilômetros de comprimento. Essa condição acarretou problemas crescentes relativos ao custo de material.

Para Tiwari *et al.*, (2013), a utilidade da determinação do estado de maturação dos frutos de forma não destrutiva é muito importante, pois permite identificação da idade biológica sem comprometer o vegetal. Muitas pesquisas são envidadas para aprimorar essas leituras, pois, não somente vão melhorar a rentabilidade, mas também irão aumentar a produtividade impactando a produção de alimentos. A distinção entre estádios de maturação de frutos poderia ser muito útil para a identificação da idade biológica do fruto, principalmente no campo. Em próximas pesquisas, indica-se que essa distinção seja pesquisada, considerando uma possibilidade de identificar tomates verdes maduros de não maduros por meio do (NIR) espectro de infravermelho próximo somado ao espectro visível, que, por sinal, é uma grande tendência de pesquisas utilizando métodos colorimétricos para vegetais.

De acordo com pesquisa realizada por Luengo (2009), para padronizar o processo de leitura, é necessário criar uma metodologia de transporte e armazenagem, pois ocorrem pequenas injúrias mecânicas, que promovem a despigmentação da casca dos vegetais, o que

pode afetar outros fatores, a saber: aumento da perda de água, da produção de etileno, ruptura celular, aumento da respiração (aumenta quebra de amido, ciclo de Krebs e o transporte de elétrons), aumento na velocidade de deterioração e redução na vida pós-colheita. Essa alteração deve ser desconsiderada, principalmente em uma análise de cor da casca no campo comparando esse mesmo fruto em laboratório.

Pesquisas destacam que a taxa respiratória é um indicador fisiológico do metabolismo das frutas de grande importância, mas que ainda necessitam de evolução para que essa mensuração forneça dados de modo claro, a fim de identificar o modelo respiratório. Por consequência, é essencial fornecer dados para avaliar com maior exatidão a vida útil do fruto e também o decaimento da qualidade (KAYS, 1997).

Devido à dificuldade em evoluir um equipamento de baixo custo para medição de pós-colheita de frutos, no intuito de padronizar um mecanismo e processo para acompanhar a qualidade do tomate colhido, Moretti (2006) criou protocolos para avaliação físico-química. Dessa forma, a pesquisa recomenda que a análise da taxa de respiração do fruto só seja eficiente em cromatografia gasosa e leitura da casca por colorímetros laboratoriais. Afirma que existe a necessidade de levar a escala laboratorial para o campo com menor complexidade e com novos materiais a serem desenvolvidos, já que envolve menos custo e mão de obra menos especializada. Para tanto, concorda com nossa pesquisa no sentido de que é necessário haver técnicas mais simples e baratas para acompanhar o processo e qualidade de pós-colheita, de maneira que sejam de fácil utilização na melhoria da cadeia produtiva e de distribuição.

Para Nunes (2015), é importante utilizar leitores de umidade relativa do ar, já que os equipamentos disponíveis no mercado perdem a acurácia em faixas abaixo de 15% e acima de 85% de umidade. Ademais, isso afetou consideravelmente as leituras realizadas com o sensor SHT75, que possui acurácia de $\pm 1,8\%$, na faixa de 10 a 90%; acima e abaixo dela, a acurácia diminui para até $\pm 4\%$, alterando de forma relevante os resultados.

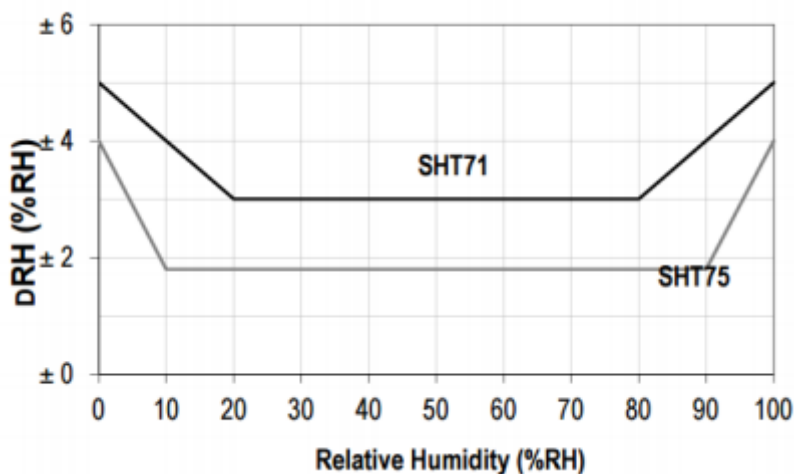


Figura 26 Relação entre a umidade relativa do ar e a acurácia de leitura de equipamentos medidores de cor (Fonte: Nunes, 2015).

5.5 Comparação de tecnologia do equipamento disponível no mercado X pacote tecnológico de baixo custo para uso em laranja

Os colorímetros portáteis disponíveis no mercado, além de possuírem um elevado custo, não servem para uso em campo, em pequenas propriedades de produção de laranja, por vários motivos tanto tecnológicos quanto de funcionalidade de leitura:

- a- Eles não possuem acoplados sensores de temperatura e umidade de operação, já que foram concebidos para uso em ambiente controlado (dentro de laboratórios); para utilização em campo, nos pomares, onde existem muitas variantes, não são indicados.
- b- Não possuem sistema de transmissão de dados para longas distâncias. Os disponíveis no mercado coletam seus dados e armazenam; assim, somente conseguem disponibilizar para um computador para, então, receberem tratamento de dados ou análise via cabo, de maneira que não permitiriam o acompanhamento em tempo real dos dados coletados no campo por uma central.
- c- Apenas apresentam no display o número do RGB (leitura do vermelho, do verde e do azul) e não evidenciam um programa específico para coleta de dados que transforma em um resultado para auxiliar a tomada de decisão na coleta ou não do fruto.



Figura 27 Colorímetro Digital RGB HSL
Fonte: Lutron (2021).

Uma das maiores empresas mundiais em inovação tecnológica na área de colorímetros já desenvolveu um equipamento exclusivo para uso de mensuração colorimétrica

em tomate. Esse equipamento indicado para uso em sistemas de armazenagem de alimentos demonstra o constante interesse do mercado por soluções tecnológicas específicas. A Konica-Minolta destaca o uso desse equipamento para melhorar o aproveitamento e rentabilidade da produção, além de diminuir as rejeições por leituras incorretas da variação de cor do tomate.



Figura 28 Colorímetro Digital CR-41T (Fonte: Konica Minolta, 2008)

5.6 Comparação com o custo do equipamento disponível no mercado X pacote tecnológico de baixo custo para uso em laranja

Os equipamentos disponíveis no mercado não atendem, até o momento, à demanda para uso no campo com produção de laranja. Eles não estão adaptados à demanda e às necessidades desse tipo de fruticultura, apesar do Brasil ser um expoente mundial em produção.

O modelo mais usado para essa finalidade, que possui um valor acessível (Colorímetro Digital Lutron RGB) e que atende, parcialmente, às necessidades, custa, em janeiro de 2021, R\$ 6553,45.

O protótipo, construído para esta pesquisa, que está mais completo que o apresentado anteriormente (sensores para uso no campo, transmissão de longas distâncias e software para análise), apesar de constar valores de peça de compra unitária no mercado, apresentou um custo extremamente inferior, indicando, de forma contundente, uma clara possibilidade de produção para uso comercial após novos níveis de maturidade tecnológica.

Tabela 9 Orçamento de componentes para construção do protótipo de baixo custo para colheita de laranja.

	Componente	Quant	Valor Unit	Valor Total
1	Jumper Premium 40p x 20cm - Macho / Fêmea	1	8,43	8,43
2	Sensor de Umidade e Temperatura DHT11	1	15,28	15,28
3	Protoboard 400 Pontos	1	11,40	11,40
4	TCS 3200 RGB	1	44,90	44,90
5	Fonte energia 3 pilhas AA	1	6,21	6,21

6	Esp 32 com lora 1276	1	146,28	146,28
7	Módulo Display oled i2c azul amarelo 0.96 pol	1	17,90	17,90
8	Placa Uno CH340g ATmega328P com Cabo USB	1	50,01	50,01
9	Sensor de Gás MQ-135	1	19,98	19,98
	TOTAL			320,39

Com um valor total para a construção do pacote tecnológico de R\$ 320,39 e apresentando melhorias comparadas ao equipamento de referência disponível no mercado, possui fortes indícios do interesse de aprimorar o equipamento para a produção comercial.

5.7 Quesitos para patenteabilidade

5.7.1 Distinção do tipo de pedido de proteção

Inicialmente, é imprescindível distinguir a Patente de Invenção da Patente de Modelo de Utilidade. Uma invenção, por sua vez, é oriunda da capacidade intelectual do seu autor e compõe uma nova solução, uma dificuldade já presente, resultando em um efeito técnico inesperado em uma determinada área tecnológica, que possui atividade inventiva. Elas podem estar relacionadas a produtos, como compostos, composições, objetos, aparelhos, dispositivos ou processos e métodos. Tem como intenção a proteção das criações de caráter técnico, para resolver um problema em uma área tecnológica específica. Mas o modelo de utilidade tem serventia para aprimorar o uso do objeto, podendo acarretar uma melhor eficiência ou comodidade em seu uso. Pode ser na forma, na disposição, evolução de efeito ou funcionalidade. Ainda, para enquadrar como modelo de utilidade, deve ser suscetível de aplicação industrial. Não inclui sistemas, processos, procedimentos ou métodos para obtenção de algum produto, os quais não estão inclusos nesse tipo de proteção (BRASIL, 1996).

A melhoria funcional, de acordo com o art. 9º da LPI:

Art. 9º - É patenteável como modelo de utilidade o objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação. Um novo objeto, ainda que dotado de ato inventivo, não é patenteável caso não tenha melhoria funcional. A melhoria funcional está relacionada à utilização do objeto, seja de forma mais prática, cômoda e/ou eficiente em seu uso e/ou fabricação.

Portanto, a melhoria funcional deve ser declarada pelo depositante e fica constante neste experimento por apresentar: transmissão de dados de longo alcance; detecção de temperatura de operação para utilização em campo; detecção de umidade de operação para

utilização em campo; software para transformação de dados primários de leitura de cor em resultado conclusivo sobre o estágio de maturação, além de uso de componentes tecnológicos de baixo custo.

5.7.2 Requisitos para o pedido de proteção de modelo de utilidade

Segundo o INPI (2008), o pedido de patente de Modelo de Utilidade precisa obrigatoriamente conter:

- a) Título
- b) Relatório descritivo
- c) Quadro reivindicatório
- d) Desenhos
- e) Resumo

Esses detalhes servem não somente para o quadro reivindicatório da patente (documento exigido para registro no INPI) de modelo de utilidade, mas também para distinguir as diferenças perante a patente de Invenção. As considerações sobre título, relatório descritivo, desenhos e resumo estão contidas na diretriz de exame de patentes de Invenção.

5.7.3 Dados para o quadro reivindicatório da patente do experimento

a) Título: Colorímetro portátil com tecnologia Arduino para detecção de ponto ótimo de colheita de laranja.

b) Relatório descritivo: equipamento dotado de sensor integrado para avaliação de amplitude de operação em condições não controladas em laboratório; equipamento dotado de sensor de umidade integrado para avaliação de amplitude de operação em condições não controladas em laboratório; equipamento dotado de sistema acoplado de transmissão de dados de longa distância para uso no campo com comunicação direta com uma central de processamento de dados; dotado de um programa específico para coleta de dados que transforma os dados primários em resultados finais para auxiliar a tomada de decisão na coleta ou não do fruto.

c) Quadro reivindicatório:

- Caracterizado por sistema portátil de mensuração de cor da casca da laranja por meio de sensor de cor com iluminação embutida de 4 LEDs;

- Caracterizado por sensores de temperatura e umidade para avaliação de faixa de funcionamento do protótipo;

- Caracterizado por visor de dados acoplado à placa Arduino que serve de processador de dados e controlador das ações;
- Caracterizado por sistema integrado de transmissão de dados de longo alcance;
- Caracterizado por software para transformação de dados primários em resultado final da leitura do fruto.

Todas as reivindicações são independentes por tratar de elementos não complementares de uso opcional que não alterem ou modifiquem as condições de utilização e funcionamento do objeto;

d) Desenhos

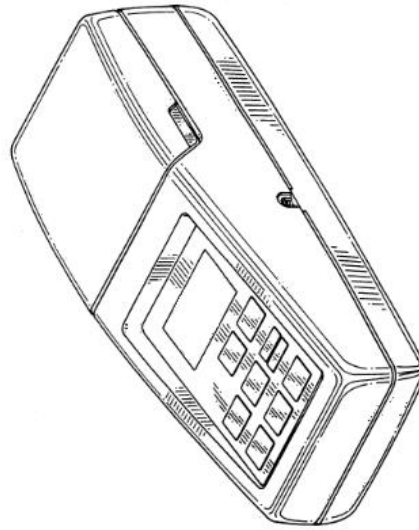


Figura 29 Visão frontal/lateral do Colorímetro portátil com tecnologia Arduino para detecção de ponto ótimo de colheita de laranja.

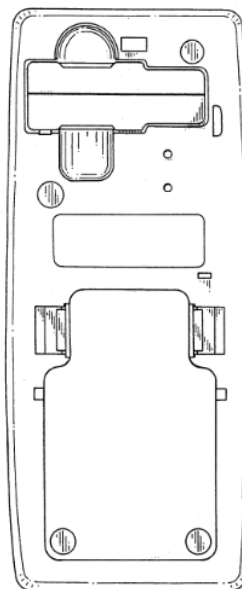


Figura 30 Visão posterior do Colorímetro portátil com tecnologia Arduino para detecção de ponto ótimo de colheita de laranja com indicativo da disposição da placa Arduino na parte inferior do desenho, sistema de alimentação de energia na arte superior do desenho, espaço para os sensores na parte intermediária do equipamento.

e) Resumo

É composto por um conjunto de sensor de cor TCS 3200 com iluminação integrada de 4 LEDs, placa processadora Arduino, com visor de dados LCD, sensor de temperatura e umidade relativa do ar DHT-11, fonte de energia por sistema de 3 pilhas AA embutidas em caixa de polietileno, conforme desenho 1, e distribuídas conforme desenho 2. Possui sistema de transmissão de dados de longo alcance (até 15 km de distância). Tem software para converter dados primários de leitura de cor em resultado conclusivo para a decisão de colheita de laranja.

5.7.4 Resultado da classificação e análise de semelhanças

Ao definir que a inovação pertence à classificação de patentes do modelo de utilidade, são seguidas as mesmas regras de classificação aplicáveis a patentes de Invenção, conforme o Acordo de Estrasburgo (WIPO, 2014).

Os Modelos de Utilidade também são classificados conforme sua função principal e sua aplicação ou uso, como detalhado anteriormente no relatório descritivo, indicando a aplicação específica para o objeto pleiteado, ou seja, leitura de cor da casca de laranja em campo para determinação de ponto ótimo de colheita.

Sobre o conceito correspondente à função do objeto, funcionalidade, que é o que a lei se refere quando trata de melhoria funcional, está caracterizado na adição de sensores para determinação de faixa de funcionamento, adição de software e transmissão de dados de longo alcance.

Já com relação à aplicação, podemos utilizar esse equipamento desenvolvido não somente no pomar, mas também em locais de armazenamento no campo; ainda, é útil para o armazenamento nas centrais de abastecimento, para verificação de maturação em supermercados e similares; inclusive, na logística de transporte, enfim, praticamente em toda a cadeia produtiva da laranja.

5.7.5 Resultados do eixo tecnológico e da busca de anterioridade

A busca por anterioridades, no caso de modelo de utilidade, é pontuada principalmente pela procura das patentes de invenção, que foram o fato gerador do desenvolvimento do equipamento e, também, na procura de objetos da mesma função para outras finalidades ou que utilizem sistemas parecidos com outras funções. Exemplificando: procurar por leitores

semelhantes para outros frutos; procurar por leitores utilizando NIR ou outras técnicas físicas de leitura não destrutiva de frutos; procurar por equipamentos não portáteis; procurar por equipamentos que utilizem outras formas de determinação do ponto ótimo de colheita de frutos, mesmo sendo métodos destrutivos; etc.

Fica determinante que a busca manteve os termos de acordo com a função e a aplicação do objeto, pois, em ambos, poderiam ser encontrados objetos com mesma funcionalidade da proposta do pedido em exame.

Tabela 10 Resultados de aplicação de filtros de busca de patentes no Google Patents (Fonte: Google Patents, 2021).

G01J3/02	82,486 RESULTS
G01J3/0202	4,979 RESULTS
G01J3/0202 BR	ABOUT 24 RESULTS

Após busca nas duas bases de bancos de dados de patentes gratuitas, tivemos os seguintes resultados. No google (Tabela anterior) após aplicação de filtros de acordo com a classificação internacional, escolhendo patentes protegidas no Brasil, chegamos a 24 proteções que serão analisadas a seguir.

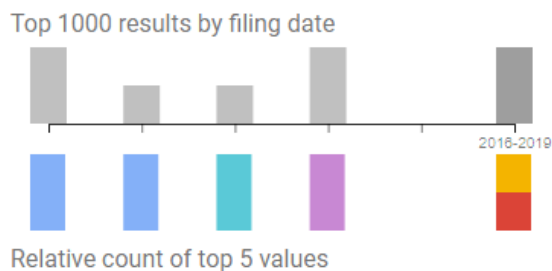


Figura 31 Detalha o registro das 24 patentes no intervalo de 4 em 4 anos desde 2001 para os pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).

Analisando a figura anterior, destaca-se o número de pedidos de proteção principalmente nos últimos anos, corroborando o interesse deste projeto em aprimorar tecnologias de medição colorimétrica com a inserção de sensores do tipo Arduino, que possuem uma programação mais fácil e componentes com custo mais acessível.

Baker Hughes Inc	37.5%
Ger Elettr S R L	12.5%
Technological Resources Pty. Limited	12.5%
Precision Energy Services Inc	12.5%
Koninl Philips Electronics Nv	12.5%
Koninklijke Philips Nv	12.5%
Halliburton Energy Services, Inc.	12.5%

Figura 32 Detalha o registro das 24 patentes com relação a quem está atribuído o pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).

A presença da petrolífera Baker Hughes como líder nas pesquisas com colorímetros portáteis ou seus componentes ocorre provavelmente devido à necessidade de aprimorar testes físicos para a avaliação da qualidade de derivados de petróleo (OTHON, 2007). Na figura anterior, também estão presentes empresas que pesquisam tecnologias voltadas à sustentabilidade.

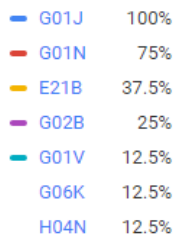


Figura 33 Detalha o registro das 24 patentes com relação ao eixo tecnológico do pedido de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).

Na figura anterior, confirma-se que 100% das patentes pesquisadas têm relação direta com o equipamento desenvolvido neste projeto. Também, têm alta relação com G01N, que se refere ao uso de recursos físicos (colorimetria, fotometria, espectrometria) para verificar composição de superfícies.

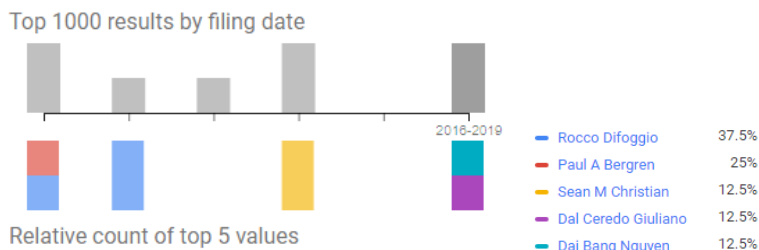


Figura 34 Detalha o registro das 24 patentes com relação aos inventores no intervalo de 4 em 4 anos desde 2001 para os pedidos de proteção (Fonte: Google Patents, 2021).

Analisando a figura anterior, destaca-se, como maior inventor dos últimos 20 anos, na área, o pesquisador Rocco Difoggio, especialista em espectroscopia dielétrica para análise de fluidos. Suas pesquisas são registradas pela Baker Hughes.

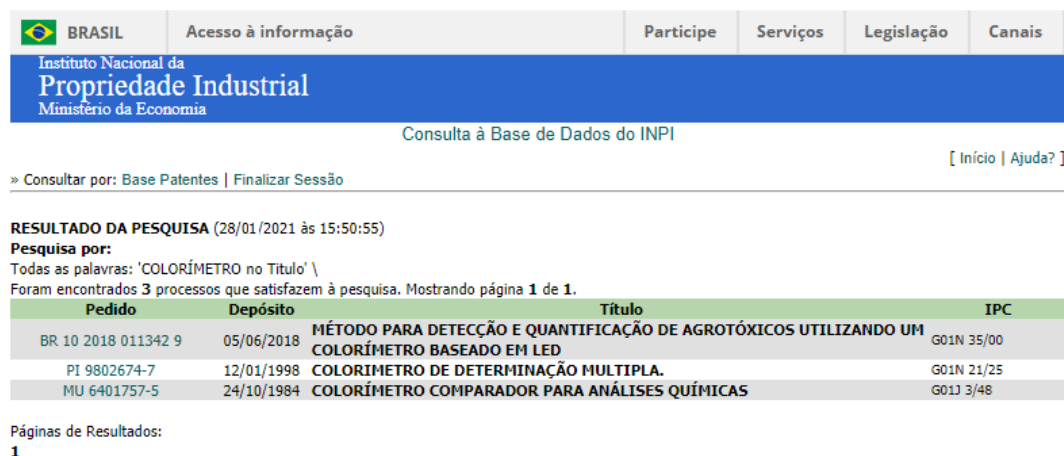
Tabela 11 Patentes relacionadas com a inovação do protótipo. (Fonte: Google Patents 2021).

	TÍTULO / PAÍS PROTEGIDO/ CÓD INPI/ INVENTOR / EMPRESA
1	Método e aparelho para um espectrômetro de fluorescência de fundo de poço WO US AU BR DE EA NO RU BR0311816A Rocco Difoggio Baker Hughes Inc
2	espectrômetro que compreende uma roda de filtros WO EP US CN JP BR BRPI0916005B1 t russell James Koninl Philips Electronics Nv
3	Método para aumentar o número de filtros óticos em um espectrômetro de furo ... WO EP US AU BR CA MX BR112013029961B1 Wei Zhang Halliburton Energy Services, Inc.

4	Método e aparelho para um espectômetro de fundo de poço de alta resolução
	WO EP AU BR CA BR0311819A Rocco Difoggio Baker Hughes Inc
5	dispositivo para a detecção da cor de peles
	WO EP US CN KR BR ES IT MX BR112018068040A2 Dal Ceredo Giuliano Ger Eletr S R L
6	hyperspectral imager for imaging outdoor environments
	WO US AU BR CA BR112017015177B1 Richard J. Murphy Technological Resources Pty. Limited
7	multi channel source set for well background spectroscopy
	EP US AU BR CA BRPI1005002A2 Jess V Ford Precision Energy Services Inc
8	downhole fluorescence spectrometer and method for measuring the fluorescence ...
	WO US BR RU BRPI0405639B1 Arnold Walkow Baker Hughes Inc

Após leitura de cada uma das patentes listadas, foram descartadas 16 delas por possuírem relação direta com alguma patente da lista. Isso ocorre quando são solicitações complementares que, para garantir maior proteção e por terem custo semelhante, acabam possuindo novo número perante o INPI (que é indicado, por exemplo, por BRPI0916005B1).

Das 8 patentes restantes, foram analisados seus resumos na íntegra, além de suas reivindicações e todas resultaram em pedidos diferentes da tecnologia desenvolvida nesta tese. Portanto, está totalmente apta para solicitar modelo de utilidade intelectual perante o serviço nacional de proteção Instituto Nacional de Propriedade Intelectual.



BRASIL Acesso à informação Participe Serviços Legislação Canais

Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Ministério da Economia

Consulta à Base de Dados do INPI [Início | Ajuda?]

» Consultar por: Base Patentes | Finalizar Sessão

RESULTADO DA PESQUISA (28/01/2021 às 15:50:55)

Pesquisa por:
Todas as palavras: 'COLORÍMETRO no Título' \

Foram encontrados 3 processos que satisfazem à pesquisa. Mostrando página 1 de 1.

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 10 2018 011342 9	05/06/2018	MÉTODO PARA DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE AGROTÓXICOS UTILIZANDO UM COLORÍMETRO BASEADO EM LED	G01N 35/00
PI 9802674-7	12/01/1998	COLORÍMETRO DE DETERMINAÇÃO MULTIPLA.	G01N 21/25
MU 6401757-5	24/10/1984	COLORÍMETRO COMPARADOR PARA ANÁLISES QUÍMICAS	G01J 3/48

Páginas de Resultados:
1

Rua Mayrink Veiga, 9 - Centro - RJ - CEP: 20090-910



Figura 35- Resultado da ficha de consulta de registros de patentes no INPI (Fonte: INPI, 2021).

No INPI, após aplicação de filtros de acordo com o termo em português ou inglês (colorímetro ou colorimeter), chegamos a 3 resultados, que também serão analisados detalhadamente.

O resultado BR 10 2018 011342 9, método para detecção e quantificação de agrotóxicos, utilizando um colorímetro baseado em LED, após análise detalhada do documento, não prosperou, pois não possui relação com a aplicação do nosso equipamento.

O resultado PI 9802674-7, colorímetro de determinação múltipla, após análise detalhada do documento, não prosperou, pois trata-se de um colorímetro que avalia a concentração de n substâncias dissolvidas num fluido, pela luz transmitida com base na solução, utilizando n faixas espectrais e montando um sistema de n equações e n incógnitas. Isso é resolvido por determinantes e um programa de computador, mas também não possui relação com a aplicação do nosso equipamento.

O resultado MU 6401757-5, colorímetro comparador para análises químicas, após análise detalhada do documento, não prosperou, pois trata-se de um colorímetro que avalia compostos químicos em testes de qualidade de água; também, não possui relação com a aplicação do nosso equipamento.

Todos os 3 resultados do INPI foram descartados de possuírem uma proteção intelectual que poderia atingir alguma reivindicação desta pesquisa.

5.7.6 Avaliação dos quesitos de patenteabilidade

Para submissão como aplicação industrial, é necessário cumprir primeiramente o artigo 15 da Lei 9729/96:

Art. 15 – A invenção e o modelo de utilidade são considerados suscetíveis de aplicação industrial caso possam ser utilizados ou produzidos em qualquer tipo de indústria.

Esse item destaca de forma objetiva que somente será apto se considerado suscetível de aplicação industrial quando o objeto for passível ou capaz de ser fabricado ou utilizado em qualquer tipo/gênero de indústria, incluindo as indústrias agrícola, extrativas e de produtos manufaturados ou naturais. Portanto, nossa inovação está apta para prosseguir.

O segundo requisito é sobre o estado da técnica no artigo número 11 da Lei 9729/96:

Art. 11 – A invenção e o modelo de utilidade são considerados novos quando não compreendidos no estado da técnica.

§ 1º O estado da técnica é constituído por tudo aquilo tornado acessível ao público antes da data de depósito do pedido de patente, por descrição escrita ou oral, por uso ou qualquer outro meio, no Brasil ou no exterior, ressalvando o disposto nos artigos 12, 16 e 17.

§ 2º Para fins de aferição da novidade, o conteúdo completo do pedido depositado no Brasil, e ainda não publicado, será considerado estado da técnica a partir da data de depósito, ou da prioridade reivindicada, desde que venha a ser publicado, mesmo que subsequentemente.

§ 3º O disposto no parágrafo anterior será publicado ao pedido internacional de patente depositado, segundo tratado ou convenção em vigor no Brasil, desde que haja processamento nacional.

O equipamento desenvolvido possui a novidade, pois a análise reside no fato de uma determinada solução, para um problema técnico-funcional, ainda não ser encontrada no estado da técnica (estado da técnica é constituído por todo o conjunto de informações que tenha se tornado acessível ao público anteriormente ao depósito do pedido de patente). Portanto, nossa inovação está apta para prosseguir.

O terceiro requisito é sobre a inventividade e está detalhado no artigo número 14 da Lei 9729/96:

Art. 14 – O modelo de utilidade é dotado de ato inventivo sempre que, para um técnico no assunto, não decorra de maneira comum ou vulgar do estado da técnica.

A nova disposição é o resultado do ato inventivo. Isso porque, para um equipamento já existente no estado da técnica, o ato inventivo caracteriza a diferença incomum ou não vulgar entre esses dois. E essa diferença não é corriqueira, habitual, normal, banal ou ordinária para um técnico no assunto. Portanto, nossa inovação está apta para prosseguir.

O quarto requisito é sobre a melhoria funcional e está descrito no artigo número 9 da Lei 9729/96:

Art. 9º.- É patenteável como modelo de utilidade o objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial, que apresente nova forma ou disposição, envolvendo ato inventivo, que resulte em melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação.

Um novo equipamento, mesmo que possua ato inventivo, não é patenteável, caso não tenha melhoria funcional. A melhoria funcional está relacionada à utilização do equipamento, seja de forma mais prática, cômoda e/ou eficiente em seu uso e/ou fabricação. A melhoria funcional foi declarada como portátil, com adição de sensores, adição de software e capacidade de transmissão de dados de longo alcance para uso em campo.

Após análise dos quatro requisitos, conclui-se que o equipamento está apto para proceder com a elaboração de documentação para solicitação de proteção, como modelo de utilidade pelo setor responsável NIT (Núcleo de Inovações Tecnológicas da UNIOESTE – PR).

5.7.7 Avaliação do Registro do Programa de Computador

Os softwares que, pelo INPI, são chamados de programas de computador são definidos como conjuntos de instruções destinados ao processamento, produção, interpretação e transferência de dados. Abrangem, também, a descrição do programa e as instruções codificadas para criá-lo, bem como outros materiais de apoio relacionados. Devem ser fruto de uma criação intelectual e apresentar a possibilidade de reprodução.

Como a criação do software foi exclusiva e específica para esse protótipo, utilizando características diferenciadas de coleta e transmissão de informações, já, por si só, é considerada *sui generis*.

A extração do código hash é a transformação da documentação técnica do código fonte em um resumo digital para realizar a proteção.

A função criptográfica hash é um algoritmo utilizado para garantir a integridade de um documento eletrônico, de modo que um perito técnico possa comprovar que não houve alteração nesse documento desde a época em que foi transformado. Assim, uma simples alteração neste documento acarretará uma alteração do resumo hash original, desconstituindo, assim, a prova de integridade do depósito do programa de computador.

Código hash:

```
D4956a6cc548d996fa245318e150944a8789b3e10034d1d2325986ef03e3a40cc269d  
52caa1c18cce67ccc40 b5f3193cc0aac2813313163a9022694a4ec6dcea
```

5.7.8 Análise do TLR do protótipo

Apesar de importante e útil, a avaliação do TRL's desse protótipo apresenta limitações. Uma delas é não servir para atribuir de forma clara o nível de maturidade para tecnologias que envolvam processos, métodos, algoritmos e arquiteturas. Como o pacote tecnológico envolve não somente o equipamento, mas também software, processo de transmissão de longo alcance, um novo conjunto de conceitos deve ser adaptado para criar uma variação ao modelo já existente de forma a garantir uma melhor avaliação para esse propósito.

Outro empecilho é a baixa subjetividade, utilizando uma única ferramenta para atribuição do TRL. Com o aumento da popularidade do método, surgem algumas variações que permitem fugir da padronização, já que o modelo inicial foi criado e se adaptou mais adequadamente às agências do USA.

Finalmente, os TRL's servem apenas para fornecer uma imagem instantânea de uma tecnologia. Não é possível utilizá-lo para compreender o caminho percorrido pelo projeto até aquele ponto (custos, dificuldades etc.) ou quais devem ser os próximos passos. Isso posto, o método não deve ser visto como única variável relevante para a tomada de decisão a respeito de projetos de inovação, consistindo em uma única ferramenta para fornecer um indicador acerca de um aspecto específico do processo decisório e deve ser usada de acordo.

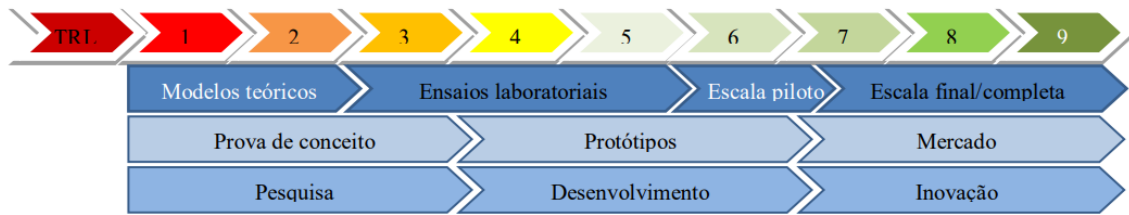


Figura 36 Método de TRL de Mankins adaptado pela Embrapa para tecnologias aplicadas na agricultura (Fonte: EMBRAPA, 2015)

Para análise do grau de maturidade do protótipo desenvolvido, será utilizada uma variação criada por órgãos do próprio governo Americano, pelo Departamento de Defesa (DoD, 2005).

Tabela 12 TLR pela metodologia Mankins adaptada pelo DoD (Department of Defense) (Fonte: DoD, 2005).

	DEFINIÇÃO ADAPTADA (DoD, 2005)
1	Princípios básicos observados e relatados
2	Tecnologia/conceito e/ou aplicação formulados
3	Prova de conceito de funções críticas experimentais e analíticas e/ou característica
4	Validação de componente e/ou placa de ensaio em laboratório
5	Validação de componente e/ou placa de ensaio em ambiente relevante
6	Demonstração de modelo de sistema/subsistema ou protótipo em ambiente relevante
7	Demonstração do protótipo do sistema em ambiente operacional
8	Sistema real completo e aprovado através de testes e demonstrações
9	Sistema real aprovado através de missões bem-sucedidas

De acordo com a tabela apresentada anteriormente, esse protótipo já teve a fase 4 completa (Validação de componente de ensaio em laboratório), que é definida como equipamento validado em laboratório, e fase 5 completa (Validação de componente de ensaio em ambiente relevante), que é definida como teste do equipamento em ambiente de campo.

Também, é considerado que está com a fase 6 completa, já que efetuou leitura em quantidades suficientes de laranjas para demonstrar seu funcionamento (Demonstração de modelo do protótipo em ambiente relevante) e está no início da fase 7 (Demonstração do protótipo em ambiente operacional) quando deve ser utilizado para verificar sua capacidade de uso em campo.

Apesar da sua subjetividade, até mesmo pela criação para a NASA, pode haver pequenas diferenças de interpretações, mas, de acordo com o modelo adaptado da Embrapa, é necessário realizar uma escala piloto para avanço desse invento.

Como a avaliação tecnológica está em constante evolução, 20 anos após a publicação de Mankins (1995), Straub faz uma revisão sobre a necessidade da inserção de mais um nível de prontidão tecnológica, TRL 10 (STRAUB, 2015). Nesse nível, foi chamado de “operações comprovadas” e a maior alteração entre ele e o nível 9 é o tempo em que a tecnologia foi

utilizada e funcional. Para chegar ao TRL 9, é preciso de apenas uma única tentativa de implementação/uso de sucesso. Já no TRL 10, é necessário que a tecnologia seja utilizada para aumentar o tempo que funciona sem haver incidentes, não apenas uma única vez, para que seu nível seja cumprido.

6 CONCLUSÕES

O equipamento desenvolvido apresentou facilidade de manuseio e praticidade da aplicação, mostrando agilidade para o processo de obtenção dos estádios de maturação de laranjas. O custo significativamente baixo torna possível de ser utilizado por técnicos e pequenos produtores.

Sua utilização será apreciada principalmente para o acompanhamento do processo de maturação no campo, mas também poderá ser satisfatório após prosseguimento em seu desenvolvimento para acompanhar a cadeia produtiva até chegar ao consumidor final.

O pequeno tamanho, aliado à modularização do equipamento, permite fácil transporte e substituição de forma prática de peças em casos de manutenção.

De posse dos resultados dos testes realizados para validação do equipamento, mostrou-se um pequeno erro médio, quando comparado com a equipamentos de referência com custo inacessível à maioria dos agricultores. De acordo com essas informações, concluiu-se que o protótipo desenvolvido apresenta vantagens de aplicação em campo, tais como a agilidade, alta capacidade de transmissão de dados a longas distâncias e eficiência no processo.

O armazenamento das informações processadas pelo protótipo, que são enviadas a longas distâncias em banco de dados, pode ser feito por longos períodos e permite ao usuário a possibilidade de tratá-los e analisá-los (Big Data), além de proporcionar análises e comparações imediatas com períodos anteriores por técnicos que operam a central de processamento.

O uso de Arduino e fotodiodos de sensibilidade RGB, para diferentes tipos de onda de luz visível, acoplado à LED, como fonte de luz, está extremamente mais acessível financeiramente, se comparado ao espectrofotômetro, e se destaca como um potencial acessório para a gestão da qualidade de pós-colheita de laranja.

A calibração constante, de acordo com a variedade da laranja, bem como as diferentes destinações finais do fruto, que solicita prazos diferentes segundo o tempo de cada cadeia produtiva, é um fator limitante, já que necessita um conhecimento mínimo para a programação dos parâmetros no equipamento.

Com um valor unitário de produção sem escala, o pacote tecnológico apresentou um custo aproximadamente 20 vezes menor em relação ao equipamento de referência, além de possuir algumas propriedades específicas para uso no campo comparado ao aparelho de uso laboratorial. Apresenta, portanto, fortes indícios de interesse no setor produtivo para produção comercial.

Também, é importante ressaltar que uma tecnologia de baixo custo e com baixa necessidade de conhecimento técnico, para o usuário conseguir aprimorar o ponto de colheita da laranja, mesmo que seja um percentual mínimo de majoração de grau Brix, por se tratar

de toneladas do fruto, já impacta, de forma considerável, a rentabilidade da produção, tornando-se um atrativo muito grande para a comercialização desse pacote tecnológico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de centenas de pesquisas, teses, dissertações relevantes, produzidas anualmente pela UNIOESTE, poucas resultam em projetos que chegam ao mercado para gerar impacto na sociedade. No caso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, é importante analisar quantas pesquisas se transformam em tecnologia que chega até o pequeno agricultor e proporcionam uma facilidade ou melhoria de produtividade.

Este momento de finalização desta tese é propício para reflexão e análise de como podemos aumentar o índice de transformação das pesquisas. A academia, muitas vezes, acaba por engavetar muitas ideias e inovações simplesmente por estar desatualizada quanto aos métodos utilizados pelas empresas e startups na área tecnológica.

Para aprimoramento do grau de maturação deste protótipo, é importante a implantação de sistema de geolocalização da leitura, para facilitar as análises. O sistema de GPS embarcado do protótipo poderá fornecer data, hora, latitude, longitude e altitude com precisão de aproximadamente 2 metros, além de permitir interação com ferramenta de mapeamento 3D para formar bancos de dados regionais.

Há mudanças na estrutura motivadas pelo surgimento de novos equipamentos, provenientes de evolução tecnológica, principalmente na constante evolução dos sensores de baixo custo.

É essencial efetivar teste deste equipamento com suas devidas adaptações em outras culturas comerciais, observando e considerando as particularidades pertinentes a cada cultura.

Ademais, é preciso efetivar desenvolvimento e customização de um aplicativo móvel, que contemple qualquer funcionalidade desejada pelos usuários, já que o computador que recebe pode retransmitir em tempo real para que os interessados acessem a qualquer local e momento os dados coletados.

É também necessário implementar novas formas de disponibilização dos resultados dos cálculos realizados pelo dispositivo para outros entes da cadeia produtiva, por exemplo, conexão direta pela internet para empresas de transporte ou exportação para melhor previsão de prazo de entrega.

Ademais, faz-se essencial realizar a calibração do equipamento com os diferentes cultivares de forma automatizada, já que pode haver pequenas variações de acordo com o tipo de solo, clima e altitude.

Também, é preciso realizar a calibração do equipamento com facilidade para diferentes necessidades mínimas do próximo estágio da cadeia, levando em consideração a distância do produtor até a indústria.

8 REFERÊNCIAS

- ADAMIDES, G.; KATSANOS, C.; PARMET, Y.; CHRISTOU, G.; XENOS, M.; HADZILACOS, T.; EDAN, Y.; HRI usability evaluation of interaction modes for a teleoperated agricultural robotic sprayer. **Applied Ergonomics**, Austin, v. 62, n.1, p. 237-246, august, 2017.
- AGUSTÍ, M. F.; ALMELA, V. **Aplicación de fitorreguladores em citricultura**. Barcelona: Aedos, 1991.
- AGUSTÍ, M. F.; ALMELA, V.; JUAN, M.; PRIMO-MILLO, E.; TRENOR, I.; ZARAGOZA, S. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on fruit size and yield of 'Clausellina' mandarin (Citrus unshiu Marc.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v. 69, n. 2, p. 219-223, setembro, 1994.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B. Botânica da aceroleira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLA NO BRASIL, 1. 1995, Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995. p. 7-14.
- AMER, G.; MUDASSIR, S. M. M.; MALIK, M. A. "Design and operation of Wi-Fi agribot integrated system," 2015. **International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)**, 2015.
- ARAD, B.; BALENDONCK, J.; BARTH, R.; *et al.* Development of a sweet pepper harvesting robot. **J Field Robotics.**, Columbia, v.1, n.1, p. 1027-1039, january, 2020.
- ARPAIA M. L.; HOFSHI R. Preliminary report on the feasibility of snap "harvesting Hass" avocados. **Subtropical Fruit News**, Houston, v. 6, n. 2, p. 7-9, january, 1998.
- ARRUDA, M. C.; Atividade respiratória e produção de etileno em laranja 'Pêra' submetida a níveis de processamento mínimo e temperaturas de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura** [on-line], v. 30, n. 4, p. 1155-1158, março, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000400051>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- ÁVILA, I. M. L. B.; SILVA, C. L. M.; Modelling kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. **Journal of Food Engineering**, London, v. 39, n. 2, p.161-166, january, 1999.
- ÁVILA, B. P.; ALVES, G. D.; CARDOZO, L. O.; PEREIRA, A. M.; GULARTE, M. A.; OLIVEIRA, R. P. de. **Laranja de polpa vermelha: um estudo físico-químico e sensorial**. Local: Brazilian Agricultural Research Corporation, 2021.
- BORGES, A. C. G.; COSTA, V. M. H. M. A Evolução do agronegócio citrícola paulista e o perfil da intervenção do Estado. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, Araraquara, v. 9, n. 2, p. 101-124, março, 2005. Disponível em: www.revistarebram.com. Acesso em: 10 set. 2019.
- BRASE, T. **Precision Agriculture**, Delmar Publishers Inc, 2005.
- BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996**. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9279.htm. Acesso em 15 de outubro de 2020.
- BROWN, R. N.; BROWN, D. H. **Robotic laser scarecrows: A tool for controlling bird damage in sweet corn**. Local: Crop Protection, 2021.

- BRUNINI, M. A. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 486-489, dez., 2004.
- CALBO, A. G.; MORETTI, C. L.; HENZ, G. P. **Respiração de frutas e hortaliças**. Comunicado Técnico (46). Embrapa: Brasília, 2007.
- CAMELO, A. F. L.; P. A. GÓMEZ.; CHAUD Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 534-537, janeiro, 2004.
- CARRINGTON, S. C. M.; KING, G. R. A. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* DC. **Scientia Horticulturae**, New York, v. 92, n. 1, p. 1-7, january, 2002.
- CARVALHO, D. U.; Consumer acceptance of “Navelina” navel oranges. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 2, p. 281-290, jun., 2019. Disponível em: http://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2019000200029&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 06 ago. 2021.
- CHAUDHARY, S.; SORATHIA, V.; LALIWALA. Z. **Architecture of Sensor based Agricultural Information System for Effective Planning of Farm Activities**. Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Services Computing, IEEE Computer Society: 93-100. 2004.
- CHAVES, A. L. Caracterização imunoquímica da ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) oxidase em frutos climatéricos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** [online], v. 17, n. 3, p. 320-324, janeiro, 1997. Disponível em: www.sbcta.org.br Acesso em: 17 abr. 2021.
- CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia pós-colheita para frutas tropicais**. Fortaleza: FRUTAL-SINDIFRUTA, 2001.
- CHITARRA, M. I. F. CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990..
- CHITARRA M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: ESAL\FAEPE, 2005.
- COLLINS, P.; PLUMBLY, J. Natural colors – stable future? **European Food Research and Technology**, Lisbon, v. 49, n. 2, p. 64-70, january, 1995.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. **A fruta**. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/noticias/mapa-vai-lancar-plano-para-aumentar-exportacoes-de-frutas-0>. Acesso em: 20 dez. 2019.
- CORRÊA, A. D. Chemical constituents of the fruit-of-lobo (*Solanum lycocarpum* st. hil.), during the maturation. **Ciência e Agrotecnologia, local**, v. 24, n. 1, p. 131-135, **mês**, 2000.
- COUTO, C. A.A Citrus Sinensis cultivars: alternatives for diversification of brazilian orchards. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v.1, n.1, p.144, january, 2018.
- DALLAGO, R. M.; PASCUETTI TRES, B.; DENTI, A. F.; ORO, C. E. D.; DORNELLES VENQUIARUTO, L. Avaliação de sucos de laranja artesanais produzidos na Microrregião de Erechim. **Revista Perspectiva**, Porto Alegre, v. 44, n. 167, p. 15-24, fevereiro, 2020.
- DOD- DEPARTMENT OF DEFENSE. **Technology Readiness Assessment (TRA) Deskbook**. 2005. Prepared by the Deputy Under Secretary of Defense for Science and

Technology (DUSD(S&T)). Disponível em: https://space.se.spacegrant.org/SEModules/Technology%20Mods/TRATRL_2005%20DoD.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

DONADON, J.R.; DURIGAN, J.F.; SOUZA, B.S.; TEIXEIRA, G.H.A.; SANCHES, J. Efeito do tipo de descasque e da temperatura de armazenamento na qualidade de laranjas “Pera” minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v.26, n.3, p.419-423, abril, 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Citros**. 2012. Disponível em: www.embrapa.br Acesso em: 09 out. 2020.

EUROPEAN PATENT OFFICE. **Espacenet - Advanced Search**. Disponível em: http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP. Acesso em: 20 mar. 2021.

FERREIRA, M. D. Determinação em tempo real da magnitude de danos físicos por impacto em linhas de beneficiamento e em condições de laboratório e seus efeitos na qualidade de tomate. **Engenharia Agrícola**, São Paulo, v. 29, n.12, p. 630-641, fevereiro, 2009.

FERREIRA, R. M. A. Caracterização física e química de híbridos de tomate em diferentes estádios de maturação produzidos em Baraúna, Rio Grande do Norte. **Revista Ceres** [online], v. 59, n. 4, p. 506-511, junho, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400011>. Acesso em: 01 fev. 2021.

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. Orientador: Franco Maria Majolo. 2000. 154f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

GAIÃO, E. N. An inexpensive, portable and microcontrolled near infrared LED-photometer for screening analysis of gasoline. **Talanta**, London, v. 72, n. 792, p.147, january, 2008.

GARCIA. J. C. R. Os Paradoxos da Patente. DataGramZero. **Revista de Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 5, p.145, out., 2015. Disponível em: www.revista.ibict.br. Acesso em 27 fev. 2021.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2014.

GIOVANNONI, J. Molecular biology of fruit maturation and ripening. **Annual Review of Plant Physiology**, Porto, v. 52, n.133, p. 725-749, march, 2001.

GOOGLE PATENTS. **Pesquisa de anterioridade 2020**. Disponível em: <https://patents.google.com/patent>. Acesso em: 10 de fev. 2020.

GOOGLE PATENTS. **Pesquisa de anterioridade 2021**. Disponível em: <https://patents.google.com/patent>. Acesso em: 18 de mar. 2021.

GUIMARÃES, A. A. Protocolos de Comunicação em Sistemas Embarcados Automotivos, Aeroespaciais e Agroindustriais. **VI Seminário de E/E-AEA**. São Paulo, 2004.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. *In*: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ 2008. **Secretaria da Saúde - Governo do Estado de São Paulo**. Disponível em: www.ial.sp.gov.br. Acesso em: 20 jan. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Guia de Depósitos de Patentes. 2008**. Disponível em: www.inpi.br. Acesso em: 09 nov. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Consulta de Depósitos de Patentes. 2020**. Disponível em: www.inpi.br. Acesso em: 09 nov. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). **Consulta de Depósitos de Patentes. 2021**. Disponível em: www.inpi.br. Acesso em: 09 mar. 2021.

JACOMINO, A.P.; ARRUDA, M.C.; MOREIRA, R.C. Tecnología de procesamiento mínimo de frutas cítricas. **SIMPOSIUM “NUEVAS TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN Y ENVASADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS. VEGETALES FRESCOS CORTADOS”**. La Habana, Cuba. Marzo, 2005.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: AVI, 1997.

KENDE, H. Ethylene Biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Houston, v. 4, n.65, p. 283-307, january, 1993.

KIRINUS, M. B. M. Laranjas ‘Navelina’ submetidas a indutores de resistência na pré-colheita. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [on-line], v. 40, n.214, p.214, março, 2018. Disponível em: www.periodicos.uem.br Acesso em: 01 out. 2020.

KONICA MINOLTA. **Colorimeter CM series – 2008**. Disponível em: <https://sensing.konicaminolta.asia/cm.excluded-sce/>. Acesso em: 29 dez. 2020.

LATHI, B.P. **Sistemas de Comunicações Analógicos e Digitais Modernos**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LATIMER JUNIOR, G. W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Gaithersburg: AOAC, 2012.

LIMA, M. A. C. Comportamento respiratório e qualidade Pós-colheita de Graviola (*Annona muricata* L.) Morada sob temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 49-52, abril, 2003.

LOKKE, M. M. **Novel Wireless Sensor System for Monitoring Oxygen., Temperature and Respiration Rate of Horticultural Crops Post Harvest**. Local: Sensors, 2011.

LUENGO, R. Embalagens utilizadas no Brasil. *In*: LUENGO, R.; CALBO, A. **Embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2009. p,38.

LUTRON. **Colorimeter Colorímetro Digital RGB HSL – LUTRON - 2021**. Disponível em: <https://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary/030987b.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2021.

MACARENA, F.; ROSA, M.; RIVERO, C.; SADKA, A.; BLUMWALD, E. Ethylene regulation of sugar metabolism in climacteric and non-climacteric plums. **Postharvest Biology and Technology**, Miami, v. 139, n.23, p.241, march, 2018.

MAGWAZA, L. S.; OPARA, U. L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products - a review. **Scientia Horticulturae**, Boston, v. 184, n.21, p. 179-192, april, 2015.

MANKINS, J.C. **Technology Readiness Levels**. A white paper. NASA. Office of Space Access and Technology, 1995.

MARCHI, R. J. **Modelagem de curvas de maturação da laranja-Pêra (Citrus sinensis L. Osbeck) na região de Bebedouro - SP**. Orientador: Francisco de Assis Alves Mourão e Filho. 1993. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1993.

MATESE, A. A wireless sensor network for precision viticulture: The NAV system. **Computers and Electronics in Agriculture**, Cambridge, v. 69 n. 1, p. 51-58, January, 2009.

MATTOS, D. J., GONZALES, A. F., JUNIOR, J. P., PARAZZI, C. Avaliação de curvas de maturação de laranjas por análise de agrupamento. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.12, p.2203-2209, dez., 1999.

McROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L. S.; TESHAY, S. T. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, Santa Cruz, v. 216, n.25, p. 148-159, June, 2017.

MELO, E. A. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 639-644, setembro, 2006.

MILOCA, L. M.; SAURIN, G.; STADUTO, J. A. R. **O Processo de Coordenação de Cadeias Agroalimentares: Uma análise da Cadeia Produtiva da Mandioca no Paraná**. Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca, 2005. Disponível em: www.revistaea.org. Acesso em: 15 mar. 2020.

MONTANHA Jr., I. R.; LEONEL, C. E. L.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; GEISLER, L. Importância, definições e modelos de inovação. *In*: CORAL, E., OGLIARI, A., ABREU, A. F. de. **Gestão integrada da inovação: estratégia, organização e desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Atlas, 2009. p. 1-13.

MONTENEGRO, H. W. S. **Curso avançado de citricultura**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1958.

MORALES, J.; TÁRREGA, A.; SALVADOR, A.; NAVARRO, P.; BESADA, C. Impact of ethylene degreening treatment on sensory properties and consumer response to citrus fruits. **Food Research International**, Austin, v. 127, n.42, p.147, March, 2020.

MORETTI, C. **Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate**. São Paulo, Embrapa Hortaliças, 2006.

MOURA, F. T. de *et al.* Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, Londrina, v. 44, n. 4, p. 764-772, maio, 2013.

NASSER, M. D.; ZONTA, A. Caracterização de frutos de genótipos de aceroleira em função de estádios de maturação. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, Porto Alegre, v. 8, n. 5, p. 76-78, julho, 2014.

NEVES, M. F.; JANK, M. S. **Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: a agenda 2015**. Relatório Ícone/Markestra/Pensa, São Paulo, 2006. Disponível em:

- www.fundace.org.br/arquivos_diversos/agenda_estrategica/Agenda_Citrus_2015_PENSAIC ONE.pdf. Acesso em: 15 abr. 2020.
- NEVES, I. P. **Cultivo de acerola**. Dossiê técnico. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, 2007.
- NEVES, M. F. O Retrato da Citricultura Brasileira. *In*: NEVES, M. F. (Coord.). 1. ed. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. p. Disponível em: www.favaneves.org/arquivos/retrato-citricultura-brasileira-marcos-fava.pdf. Acesso em: 10 mar. 2020.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 4, p. 463-470, setembro, 2002.
- NUNES, E. F. **Sensores sem fio para gerenciamento de qualidade pós-colheita de tomate cereja**. Orientador: Nelson Luis Cappelli. 2015. p.125 Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/256763>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- OLIVEIRA, S.M.A.; TERAPO, D.; DANTAS, S.A.F.; TAVARES, S.C.C.H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.
- OTHON, A. O. A regulação do investimento em inovação tecnológica e o direito de propriedade intelectual no setor petrolífero brasileiro. **Revista Direito e Liberdade**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 33-62, mar., 2007.
- PAUL, V.; PANDEY, R.; SRIVASTAVA, G.C. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene—An overview. **J Food Sci Technol**, London, v. 49, n.56, p. 1-21, january, 2012.
- PECH, J.-C.; PURGATTO, E.; BOUZAYEN, M.; LATCHÉ, A. Ethylene and Fruit Ripening. *In*: **Annual Plant Reviews online**. Local: J.A. Roberts (Ed.), 2018. P.241.
- PIGNALOSA, G. Short communication Automatic determination of insolubles in lubricating oils by flow injection analysis employing an LED-photometer detector. *Talanta*, 73: 959, 2007.
- PONCE, N. M. Compositional changes in cell wall polysaccharides from Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.) during growth and on tree ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Beijing, v. 58, n.23, p. 2562-2570, march, 2010.
- PLAZA, L.; CRESPO, I.; PASCUAL-TERESA, S.; ANCOS, B.; SÁNCHEZMORENO, C.; MUÑOZ, M.; CANO, M.P. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. **Food Chemistry**, Houston, v. 124, n.1, p. 646-651, may, 2011.
- REID, M. S. Maturation and maturity indices. *In*: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. 3 rd ed. (ed) Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, 2002. p. 55-62.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C.H.S.P. Acerola. *In*: RODRIGUES, M. G. V; DIAS, M. S. C. Cultivo tropical de fruteiras. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 32, n. 264, p.17-25, fevereiro, 2011.
- ROA, Y. H. H.; FRUETT, F.; FERREIRA, M. D.; Real time measurement system based on wireless instrumented sphere. **SpringerPlus**, New York, v. 2, n.1, p. 582, may, 2013.

ROSA, P. B.; NEIS, V. B.; RIBEIRO, C. M.; MORETTI, M.; RODRIGUES, A. L. S.; Antidepressant-like effects of ascorbic acid and ketamine involve modulation of GABAA and GABAB receptors. **Pharmacological Reports**, Lisbon, v.68, n.38, p. 996-1001, may, 2016.

SANTOS, F. R. **Caracterização físico-química de frutos e determinação de óleos essenciais da casca de trinta variedades de laranjas doces**. Orientador: Eli Regina Barboza de Souza. 2020. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SARTORI, I. A., KOLLER, O. C., SCHWARZ, S. F., BENDER, R. J., SCHAFFER, G. Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas-doces na depressão central do Rio Grande Do Sul. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 364-369, ago., 2002.

SIKKA, P. Wireless adhoc sensor and actuator networks on the farm. **Proceedings of the 5th international conference on Information processing in sensor networks**. Nashville: ACM, 2006. p. 492-499.

SILVA, J. S.; FINGER, L. F.; CORRÊA, P. C. Armazenamento de frutas e hortaliças. *In*: SILVA, J. S. (ed) **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. 1ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. p. 502.

SILVA, P. A. Modificações nas atividades da poligalacturonase e pectinametilesterase em morangos armazenados à temperatura ambiente. **Ciência e Agrotecnologia**, Campinas, v. 33, n.25, p. 1953-1958, março, 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, Joanesburg, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, april, 2016.

SILVA JUNIOR, G. J.; FEICHTENBERGER, E.; SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L.; BASSANEZI, R. B.; GOES, A. **A Pinta Preta dos Citros: a doença e seu manejo**. 1 ed. Araraquara: Fundo de Defesa da Citricultura, 2016.

Straub, J. In search of technology readiness level (TRL) 10. **Aerospace Science and Technology**, Houston, v. 46, n.32, p. 312-320, march, 2015.

TAOS. **Datasheet TCS3200, TCS3210** – Programmable Color Light-to-Frequency Converter – Texas Advanced Optoelectronic Solutions, 2011. Disponível em: www.taos.com. Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

TIJSKENS, L. M. M.; R. E. SCHOUTEN. Modeling Quality Attributes and Quality Related Product Properties. **Postharvest Handling (Second Edition)**. San Diego: Academic Press, 2009. p. 483-512.

TIWARI, G.; SLAUGHTER, D. C.; CANTWELL. M. Nondestructive maturity determination in green tomatoes using a handheld visible and near infrared instrument. **Postharvest Biology and Technology**, London, v. 86, n. 0, p. 221-229, april, 2013.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPIN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 81, n. 9, p. 853-876, may, 2001.

VALE, A. A. S.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, J. A. Alterações Químicas, Físicas e Físico-Químicas da Tangerina 'Ponkan' (Citrus reticulata Blanco) Durante

o Armazenamento Refrigerado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 778-786, july, 2006.

VICENTE, A. R. Review The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v. 87, n.14, p. 1435-1448, may, 2007.

VIEIRA, L. F. M., BELO HORIZONTE. **Middleware para Sistemas Embutidos e Redes de Sensores**. Orientador: Antônio Otávio Fernandes. 2004. f.138. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

XIONG, Z.; CUI, Y.; LIU, Z.; ZHAO, Y.; HU, M.; HU, J. Evaluating explorative prediction power of machine learning algorithms for materials discovery using k-fold forward cross-validation. **Computational Materials Science**, Guanzoo v. 171, n. 38, p. 247, april, 2020.

YAHIA, M. E. **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: Fundamental issues**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011.

YAVUZER, E.; ÖZOGUL, F.; ÖZOGUL, Y.; Impact of icing with potato, sweet potato, sugar beet, and red beet peel extract on the sensory, chemical, and microbiological changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored at (3 ± 1 °C). **Aquacult Int**, Columbia, v. 28, n. 12, p. 187-197, april, 2020.

WAY JUN. (03 de 2011). **3W High Power LED: LED-P3-D-White**. Folha de Especificação da WAY JUN Technology.

WILLS, R.; GOLDING, J. **Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. 6 ed. Wallingford: CAB International, 2016.

WIPO - World Intellectual Property Organization. **WIPO intellectual property handbook: policy, law and use**. Local: Ed. Geneva, 2004. Disponível em: www.wipo.com. Acesso em: 02 mar. 2014.

ZHANG, R.-B. Calibration method of detecting soil water content based on the information-sharing in wireless sensor network. **Computers and Electronics in Agriculture**, London, v. 76, n. 2, p. 161-168, june, 2011.

9 APÊNDICE

Linhas de programação do software

```

#include <MD_TCS230.h> // colour sensor library
#include <FreqCount.h> // used by above library
#include <EEPROM.h> // Ensure data is still valid after power offs

// Pin definitions
#define S2_OUT 12
#define S3_OUT 13
#define OE_OUT 8 // LOW = ENABLED wh
#define MAX_COLOURS 10 // Max colours allowed to store, 10 takes up 140
bytes
#define MAX_COLOUR_NAME_CHARS 10 // Max chars allowed in name of colour
#define TOLERANCE 35 // How far out the red,green or blue can be to
match

typedef struct
{
    char Name[MAX_COLOUR_NAME_CHARS+1]; // Name for Colour, plus 1 extra
for terminator '0'
    uint8_t Red,Green,Blue; // The colour values
}SingleColour;

SingleColour Colours[MAX_COLOURS]; // Our array of colours to match against
uint8_t NumColours=0; // Current Number of colours

MD_TCS230 CS(S2_OUT, S3_OUT, OE_OUT);

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    CS.begin();
    // Check if we have some calibration data
    ReadCalibrations();
    ReadColours();
}

void loop()

```

```

{
    static char Choice;

    Choice=MainMenu();
    switch(Choice)
    {
        case '1':
            CalibrateSensor();
            break;
        case '2':
            CalibrateColour();
            break;
        case '3':
            DisplayColours(true);
            break;
        case '4':
            DeleteColour();
            break;
        case '5':
            ClearEEPROMColours();
            break;
        case '6':
            ClearCalibration();
        case '7':
            ScanColour();
            break;
    }
}

void ClearCalibration()
{
    uint8_t DataIdx;
    EEPROM.put(DataIdx, " ");
    DataIdx=3+sizeof(sensorData);
    EEPROM.put(DataIdx, " ");
    Serial.println("\nSensor calibration cleared");
}

void ClearEEPROMColours()

```

```

{
    // Just reset number of colours to 0
    uint16_t DataIdx;

    DataIdx=9+(2*sizeof(sensorData)); // Move past black and white calibration
    settings

    EEPROM.put(DataIdx,0);

    Serial.println("\nEEPROM colours cleared");
}

void WriteColoursToEEPROM()
{
    uint16_t DataIdx;

    DataIdx=6+(2*sizeof(sensorData)); // Move past black and white calibration
    settings

    EEPROM.put(DataIdx,"COL"); // Identifier

    DataIdx+=3;

    EEPROM.put(DataIdx,NumColours);

    DataIdx++;

    for(uint8_t i=0;i<NumColours;i++)
    {
        EEPROM.put(DataIdx,Colours[i]);

        DataIdx+=sizeof(SingleColour);

    }

    Serial.println("\nColours written to EEPROM\n");
}

void WriteColourToEEPROM(uint8_t ColIdx)
{
    uint16_t DataIdx; // index into data

    DataIdx=6+(2*sizeof(sensorData)); // Move past black and white calibration
    settings

    // Check if any colours written at all, if not then set it up

    if(((EEPROM.read(DataIdx)=='C') & (EEPROM.read(DataIdx+1)=='O') & (EEPROM.read(DataIdx+
2)=='L'))==false)

        EEPROM.put(DataIdx,"COL"); // Identifier

    // Store the colour

    DataIdx=ColourEEPROMStartAddress(ColIdx);

    EEPROM.put(DataIdx,Colours[ColIdx]);
}

```

```

uint16_t ColourEEPROMStartAddress(uint8_t ColIdx)
{
    // return address for this particular colour in the EEPROM
    // Broken down into steps so you can see how things are stored
    uint16_t DataIdx=0;
    DataIdx+=3;    // Black calibration Identifier 'BLK'
    DataIdx+=sizeof(sensorData);    //Black sensor data
    DataIdx+=3;    // White calibration Identifier 'WHT'
    DataIdx+=sizeof(sensorData);    //White sensor data
    DataIdx+=3;    // 'COL' identifier to show valid colour data
    DataIdx+=1;    // NUmber of colours

    // We are now at the start of the colours and this would be the first colour,
    simply multiply

    // the size of the colour data by the colidx
    DataIdx+=(ColIdx * sizeof(SingleColour));
    return DataIdx;
}

void DeleteColour()
{
    char ColourName[MAX_COLOUR_NAME_CHARS];    // Store of name
    int8_t ColIdx;

    Serial.print(F("\nEnter name for the colour to delete [Max "));
    Serial.print(MAX_COLOUR_NAME_CHARS);
    Serial.print(" chars] followed RETURN\n\n");
    GetColourName(ColourName);
    ColIdx=ColourIndex(ColourName);
    if(ColIdx!=-1)
    {
        Serial.print(ColourName);
        Serial.print(F(" could not be found, returning to main menu\n"));
        return;
    }

    // To remove colour we just shuffle the colours around and reduce the count by 1
    ShuffleColoursDown(ColIdx);
    Serial.print(F("\nThe colour "));
    Serial.print(ColourName);
    Serial.print(F(" has been removed\n"));
}

```

```

    WriteColoursToEEPROM();
}

void ShuffleColoursDown(uint8_t ColIdx)
{
    // All colours above ColIdx are move down one position, effectivly removing the
    colour at ColIdx
    for(uint8_t i=ColIdx+1;i<NumColours;i++)
    {
        strcpy(Colours[i-1].Name,Colours[i].Name);
        Colours[i-1].Red=Colours[i].Red;
        Colours[i-1].Green=Colours[i].Green;
        Colours[i-1].Blue=Colours[i].Blue;
    }
    NumColours--; // one less colour
}

char MainMenu()
{
    char Choice;
    Serial.print(F("\nCalibration Menu (Choose option and press RETURN)\n"));
    Serial.print(F("1 Calibrate sensor\n"));
    Serial.print(F("2 Add/Update colour\n"));
    Serial.print(F("3 Display colours\n"));
    Serial.print(F("4 Delete colour\n"));
    Serial.print(F("5 Delete all colours\n"));
    Serial.print(F("6 Clear sensor calibration settings\n"));
    Serial.print(F("7 Scan Colour\n"));
    return getChar();
}

void ScanColour()
{
    // Scan and find a colour on the sensor
    colorData rgb;
    CS.read();
    while(CS.available()==0); // wait for read to complete
    CS.getRGB(&rgb);
    int8_t ColIdx=MatchColour(&rgb);
    Serial.print(F("\nScanning for RGB["));

```

```

Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_R]);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_G]);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_B]);
Serial.print(F("]\n"));
if(ColIdx==-1)
    Serial.println("\nNo match found");
else
{
    Serial.print("\nThat colour is ");
    Serial.print(Colours[ColIdx].Name);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(Colours[ColIdx].Red);
    Serial.print(F(", "));
    Serial.print(Colours[ColIdx].Green);
    Serial.print(F(", "));
    Serial.print(Colours[ColIdx].Blue);
    Serial.println("]");
}
}

int8_t MatchColour(colorData *rgb)
{
    // Look through colours looking for a match
    uint8_t Idx=0;
    bool Found=false;
    while((Idx<NumColours) & (Found==false))
    {
        if((CheckColour(rgb->value[TCS230_RGB_R], Colours[Idx].Red) & (CheckColour(rgb->value[TCS230_RGB_G], Colours[Idx].Green) & (CheckColour(rgb->value[TCS230_RGB_B], Colours[Idx].Blue)))
            Found=true;
        Idx++;
    }
    if(Found) return Idx-1; else return -1;
}

bool CheckColour(uint8_t ScanCol, uint8_t StoredCol)
{

```

```

// returns true if matched on this single colour else false
int16_t StoreColLow,StoreColHigh;
StoreColLow=StoredCol-TOLERANCE;
StoreColHigh=StoredCol+TOLERANCE;
if(StoreColLow<0) StoreColLow=0;
if(StoreColHigh>255) StoreColHigh=255;
return ((ScanCol>=StoreColLow)&(ScanCol<=StoreColHigh));
}

void DisplayColours(bool ShowTitle)
{
    // List all the current colours (not necessarily saved back to EEPROM yet

    char ColStr[4]; //Temp store for the integer colour value to a
string for formatted printing

    if(NumColours==0)
    {
        Serial.print("No current colours stored in RAM memory\n");
        return;
    }
    if(ShowTitle)
        Serial.print("\nCurrent colours stored in RAM memory\n");
    Serial.println("Name      Red  Green  Blue");
    for(uint8_t i=0;i<NumColours;i++)
    {
        OutputPadded(Colours[i].Name,MAX_COLOUR_NAME_CHARS);
        Serial.print(" ");
        itoa(Colours[i].Red,ColStr,10);
        OutputPadded(ColStr,3);
        Serial.print(" ");
        itoa(Colours[i].Green,ColStr,10);
        OutputPadded(ColStr,3);
        Serial.print("   ");
        itoa(Colours[i].Blue,ColStr,10);
        OutputPadded(ColStr,3);
        Serial.println();
    }
}

```



```

void ReadColours()
{
    // Read in any colour data
    uint16_t DataIdx;           // index into data

    DataIdx=6+(2*sizeof(sensorData)); // Move past black and white calibration
    settings

    if((EEPROM.read(DataIdx)=='C') & (EEPROM.read(DataIdx+1)=='O') & (EEPROM.read(DataIdx+2)
   )=='L'))
    {
        // Valid colour data
        DataIdx+=3;
        // How many colours stored
        EEPROM.get(DataIdx,NumColours);
        if(NumColours==0)
        {
            Serial.println("No colours stored in EEPROM\n");
            return;
        }
        if(NumColours>MAX_COLOURS)
        {
            Serial.print(F("Number of colours ("));
            Serial.print(NumColours);
            Serial.print(F(") exceeds maximum of "));
            Serial.print(MAX_COLOURS);
            Serial.print(F(", only first "));
            Serial.print(MAX_COLOURS);
            Serial.print(F(", will be read in.));
            NumColours=MAX_COLOURS;
        }
        DataIdx++;
        for(uint8_t i=0;i<NumColours;i++)
        {
            EEPROM.get(DataIdx,Colours[i]);
            DataIdx+=sizeof(SingleColour);
        }
        Serial.println("Colours read in from EEPROM\n");
        DisplayColours(false);
    }
}

```

```

    }
    else
        Serial.println(F("No Colour data stored"));
}

void ReadCalibrations()
{
    uint16_t DataIdx;
    sensorData sd;
    // If we find some calibration data then calibrate sensor
    if((EEPROM.read(0)=='B') & (EEPROM.read(1)=='L') & (EEPROM.read(2)=='K'))
    {
        // Black Calibration data present
        EEPROM.get(3, sd);
        CS.setDarkCal(&sd);
        Serial.print("Black Calibration read in, ");
    }
    else
        Serial.print("No black calibration data, ");

    DataIdx=3+sizeof(sensorData);

    if((EEPROM.read(DataIdx)=='W') & (EEPROM.read(DataIdx+1)=='H') & (EEPROM.read(DataIdx+2)
)=='T'))
    {
        // white Calibration data present
        EEPROM.get(DataIdx+3, sd);
        CS.setWhiteCal(&sd);
        Serial.println("White Calibration read in.");
    }
    else
        Serial.println("No white calibration data");
}

void CalibrateSensor()
{
    uint16_t DataIdx;
    sensorData sd;
    Serial.print(F("\n***** Calibrate sensor *****\n"));
}

```

```

    Serial.print(F("Put black matt object over sensor, then press any key followed by
RETURN\n"));
    getChar();
    CS.read();
    while(CS.available()==0); // wait for read to complete
    CS.getRaw(&sd);
    CS.setDarkCal(&sd);
    // Store this sensor black data
    EEPROM.write(0,'B');EEPROM.write(1,'L');EEPROM.write(2,'K'); // This acts as
as simple indicator
    EEPROM.put(3,sd);
    Serial.print(F("Put white object over sensor, then press any key followed by
RETURN\n"));
    getChar();
    CS.read();
    while(CS.available()==0); // wait for read to complete
    CS.getRaw(&sd);
    CS.setWhiteCal(&sd);
    DataIdx=3+sizeof(sensorData); // Store white data after black data

EEPROM.write(DataIdx,'W');EEPROM.write(DataIdx+1,'H');EEPROM.write(DataIdx+2,'T');
// This acts as as simple indicator
    EEPROM.put(DataIdx+3,sd);
    Serial.print(F("Calibration of sensor complete.\n\n"));
}

void CalibrateColour()
{
    colorData rgb;
    uint16_t DataIdx;
    char ColourName[MAX_COLOUR_NAME_CHARS]; // Store of name
    int8_t ColIdx;
    char Choice; //

    Serial.print(F("Enter name for colour [Max "));
    Serial.print(MAX_COLOUR_NAME_CHARS);
    Serial.print(" chars] followed RETURN\n");
    GetColourName(ColourName);
    ColIdx=ColourIndex(ColourName);
    if(ColIdx>=0)
    {
        Serial.print(F("\nWARNING: The colour "));

```

```

Serial.print(ColourName);
Serial.print(F(" already exists, overwrite (Y/N)\n"));
if(toupper(getChar())!='Y')
{
    Serial.print(F("\nColour calibration abandoned\n"));
    return;
}
}
if(ColIdx==-1)
{
    // Check if can add a new colour
    if(NumColours==MAX_COLOURS)
    {
        Serial.print(F("\nWARNING: There is no room left for new colours, you have
reached the maximum of "));
        Serial.print(NumColours);
        Serial.print(F(" colours\n\n"));
        Serial.print(F("You will need to delete a colour first to make room.\n\n"));
        return;
    }
}
Serial.print(F("Reading Color "));
Serial.print(ColourName);
CS.read();
while(CS.available()==0); // wait for read to complete
CS.getRGB(&rgb);
Serial.print(F("\nRGB is ["));
Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_R]);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_G]);
Serial.print(F(", "));
Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_B]);
Serial.print(F("]\n"));
if(ColIdx==-1)
    ColIdx=NumColours; // If not already stored set to next available colour slot
strcpy(Colours[ColIdx].Name,ColourName);
Colours[ColIdx].Red=rgb.value[TCS230_RGB_R];
Colours[ColIdx].Green=rgb.value[TCS230_RGB_G];
Colours[ColIdx].Blue=rgb.value[TCS230_RGB_B];

```

```
    if(ColIdx==NumColours)          // If same then added a new colour, increase the
numcount
    {
        NumColours++;
        DataIdx=9+(2*sizeof(sensorData)); // Move past black and white calibration
settings and 'COL' marker
        EEPROM.put(DataIdx,NumColours); // Write new total to EEPROM
    }
    WriteColourToEEPROM(ColIdx);
}
```