

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA

WILIAN DIOGO PASTERNAK

**ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA E
INTEGRADA A SOFTWARES PARA CÁLCULO DE ESTIMATIVAS DE
DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS E VIDEIRAS**

PONTA GROSSA

2016

WILIAN DIOGO PASTERNAK

**ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA E
INTEGRADA A SOFTWARES PARA CÁLCULO DE ESTIMATIVAS DE
DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS E VIDEIRAS**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Ayub

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Alaine M. Guimarães

PONTA GROSSA

2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

P291 Pasternak, Wilian Diogo
Estação agrometeorológica experimental automatizada e integrada a softwares para cálculo de estimativas de dormência em pessegueiros e videiras/ Wilian Diogo Pasternak. Ponta Grossa, 2016.
60f.

Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada - Área de Concentração: Computação para Tecnologias em Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Ayub.

Coorientadora: Profª Drª Elaine M. Guimarães.

1.Cálculo. 2.Dormência. 3.Modelos. 4.Videira. 5.Pessegueiro. I.Ayub, Ricardo Antônio. II. Guimarães, Elaine M.. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Computação Aplicada. IV. T.

CDD: 630.251.5

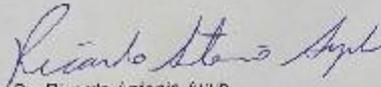
TERMO DE APROVAÇÃO

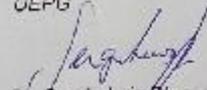
Willian Diogo Pasternak

"ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA AUTOMATIZADA E INTEGRADA A SOFTWARE PARA ESTIMATIVA DE DORMÊNCIA EM PESSEGUIROS E VIDEIRAS"

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:


Dr. Ricardo Antonio Ayub
UEPG


Dr. Sergio Luiz Stevan Junior
UTFPR/PG

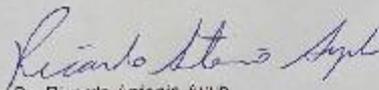
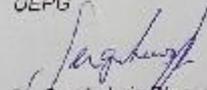

Prof. Dr. Sidnei Osmar Jadoski
UNICENTRO

Ponta Grossa, 30 de novembro de 2016.

TERMO DE APROVAÇÃO**Willian Diogo Pasternak****"ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA AUTOMATIZADA E INTEGRADA A
SOFTWARE PARA ESTIMATIVA DE DORMÊNCIA EM PESSEGUIROS E
VIDEIRAS"**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:


Dr. Ricardo Antonio Ayub
UEPG
Dr. Sergio Luiz Stevan Junior
UTFPR/PG
Prof. Dr. Sidnei Osmar Jadoski
UNICENTRO

Ponta Grossa, 30 de novembro de 2016.

Dedico este trabalho para minha esposa **Elena**, uma pessoa especial pelo seu amor e dedicação a mim. A minha filha **Luísa**, que completa dia após dia minha felicidade. E a meus pais que sempre me apoiaram e incentivaram para nunca desistir.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre me guiou e protegeu, traçando meus caminhos sempre de forma precisa, me guiando nas escolhas da direção correta a tomar e por dar-me a possibilidade de conhecer tantas pessoas boas que cruzaram meu caminho. Agradeço a Ele todas as vitórias e conquistas alcançadas em minha vida.

Agradeço o apoio e compreensão da minha família pelo tempo de convívio muitas vezes sacrificado para a realização deste trabalho. Agradeço especialmente a minha esposa Elena e nossa filha Luísa que são o maior presente que Deus poderia ter posto em minha vida. Por todo carinho, perseverança, afeto, apoio e presença. Sem minha esposa com certeza não teria concluído este trabalho. Sempre farão parte de cada conquista e vitória de minha vida.

Ao Prof. Dr. Ricardo Antônio Ayub, meu orientador que sempre foi muito compreensivo, companheiro e também amigo, pelo qual tenho muita admiração e estima. Me proporcionou um grande aprendizado, áreas as quais não tinha conhecimento algum.

A Profa. Dr. Alaine M. Guimarães, minha co-orientadora, que me auxiliou, muito sobre tecnologias a serem empregadas neste trabalho tão quanto suas orientações valiosas para com toda descritiva deste. Agradeço muito sua paciência, perseverança e acima de tudo humildade que admiro muito.

Ao Prof. Dr. Sergio que discerniu seu conhecimento em tecnologias utilizadas neste trabalho e outros que ocorreram paralelamente a este.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, ao qual de maneira gratuita, me proporcionou conhecer novas pessoas, novas tecnologias, docentes extraordinários, que de forma muito humilde sabem compartilhar todos seus conhecimentos expandindo nosso potencial de produtividade para soluções.

Aos colegas que se tornaram amigos durante o tempo desta pós-graduação.

RESUMO

PASTERNAK, Wilian Diogo. Título: ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA E INTEGRADA A SOFTWARES PARA CÁLCULO DE ESTIMATIVAS DE DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS E VIDEIRAS. 2016. 60. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

O período de dormência de uma planta consiste no período durante o qual o seu desenvolvimento é suspenso, ficando esta inativa. Em alguns casos a quebra de dormência não acontece de forma natural, sendo necessária a quebra desse período, por meio da aplicação de produtos químicos ou naturais. Todavia, monitorar dados de temperatura e umidade relativa do ar especificamente no ambiente de produção, tem se mostrado um processo caro. Já ao usar estações agrometeorológicas de institutos meteorológicos não retornam dados exatos da plantação. Este trabalho contribui com o processo de análise de período de dormência de pessegueiros e videiras ao apresentar uma estação agrometeorológica experimental, de baixo custo, capaz de coletar dados de temperatura e umidade relativa do ar. Integrado a esta estação é disponibilizado um software para cálculo do período de dormência em pessegueiros e videiras por meio dos métodos Utah, Carolina do Norte, Utah Modificado, Carolina do Norte Modificado e Unidades de Frio. A estação foi desenvolvida empregando o microcontrolador Atmel ATmega 328P. Já os softwares foram desenvolvidos aplicando a tecnologia WebServices e a linguagem de programação Java. Duas estações agrometeorológicas foram projetadas e instaladas uma em Guarapuava e outra em Ponta Grossa, ambas cidades do estado do Paraná. As coletas dos dados em ambas as estações foram comparadas a outras estações das regiões e os dados foram tidos como satisfatórios. Os softwares desenvolvidos para o correto funcionamento da estação, bem como o software para cálculo do período de dormência em pessegueiros e videiras retornam respostas corretas e adequadas para auxiliar na tomada de decisão sobre a aplicação ou não de produtos para quebra de dormência em pessegueiros e videiras.

Palavras-chave: Cálculo. Dormência. Modelos. Videira. Pessegueiro. Estação. Meteorológica.

ABSTRACT

PASTERNAK, Wilian Diogo. Título: ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA E INTEGRADA A SOFTWARES PARA CÁLCULO DE ESTIMATIVAS DE DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS E VIDEIRAS. 2016. 60. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

The dormancy period of a plant consists of the period during which its development is suspended, being inactive. In some cases, the breakdown of dormancy does not occur naturally, requiring the break of this period, through the application of chemical or natural products. However, monitoring air temperature and relative humidity data specifically in the production environment has proven to be an expensive process. Using agrometeorological stations of meteorological institutes does not return exact data of the plantation. This work contributes to the peach and grapevine dormancy period analysis process by presenting a low cost experimental agrometeorological station capable of collecting temperature and relative humidity data. Integrated to this station, a software is provided to calculate the period of dormancy in peach trees and vines using the Utah methods, North Carolina, Modified Utah, Modified North Carolina and Cold Units. The station was developed employing the Atmel ATmega 328P microcontroller. The software was developed using WebServices technology and the Java programming language. Two agrometeorological stations were designed and installed, one in Guarapuava and another in Ponta Grossa, both cities of the state of Paraná. The data collections at both stations were compared to other stations in the region and data were considered satisfactory. The softwares developed for the correct functioning of the station, as well as the software to calculate the period of dormancy in peach trees and vines, return correct and adequate data for decision making.

Keywords: Calc. Dormência. Models. Videira. Pessegueiro. Station. Meteorologic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sensor DTH-22	30
Figura 2: Sensor DS18B20	31
Figura 3: Etapas de desenvolvimento do trabalho	35
Figura 4: Diagrama eletrônico do protótipo inicial da estação agrometeorológica.....	36
Figura 5: Visão interna do protótipo inicial da estação agrometeorológica.	37
Figura 6: Layout das trilhas do circuito impresso.	39
Figura 7: Organização do sistema de alimentação da estação agrometeorológica.....	40
Figura 8: Visão interna da estação experimental, produto final.	41
Figura 9: Exemplo de <i>string</i> formada no microcontrolador.	42
Figura 10: Tela principal do aplicativo mobile desenvolvido.	44
Figura 11: Trecho de código-fonte da aplicação específica, modelo matemático Utah Modificado	46
Figura 12: Trecho de código-fonte da aplicação específica, modelo matemático Horas de Frio	47
Figura 13: Tela de resposta do software segundo o Modelo de Utah Modificado	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Temperaturas a serem observadas no cálculo de dormência.....	16
Quadro 2: Modelos matemáticos para o cálculo de dormência.....	18
Quadro 3: Exemplos de aplicação da plataforma Arduino na agricultura.....	28
Quadro 4: Componentes do microcontrolador Atmel Atmega 328P.	29
Quadro 5: Características do sensor DHT-22.....	30
Quadro 6: Características do sensor DS18B20.....	31
Quadro 7: Descrição de trabalhos com aplicação de webservices para a agricultura. ...	32
Quadro 8: Aplicativos Android para agricultura mencionados por Bambini, Luchiari Junior e Romani (2014).....	33
Quadro 9: Aplicativos Android para agricultura desenvolvidos por Réquia (2013).....	34
Quadro 10: Descrição dos componentes do diagrama eletrônico do protótipo inicial... 37	
Quadro 11: Componentes da placa de circuito impresso da versão final do projeto físico.	39
Quadro 12: Descrição dos componentes do sistema de alimentação da estação agrometeorológica.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Acúmulo de frio na região de Curitiba - PR nos anos de 2007 e 2008.	21
Tabela 2: Horas de frio necessárias para alguns cultivares de pessegueiros.	23
Tabela 3: Preço médio de estações agrometeorológicas em 2015.....	24
Tabela 4: Índice de Concordância (d) aplicado aos dados coletados em diferentes estações.....	48
Tabela 5: Resultados gerados pela aplicação específica	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. OBJETIVO GERAL.....	12
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. PERÍODO DE DORMÊNCIA.....	14
2.1.1. CÁLCULO DE DORMÊNCIA.....	16
2.1.2. QUEBRA DE DORMÊNCIA EM VIDEIRAS.....	19
2.1.3. QUEBRA DE DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS	21
2.2. ESTAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS	23
2.3. POSSÍVEIS TECNOLOGIAS EMPREGADAS EM ESTAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS AUTOMATIZADAS	27
2.3.1. MICROCONTROLADOR ATMEL E PLATAFORMA ARDUINO	27
2.3.2. TECNOLOGIA WEBSERVICES.....	31
2.3.3. SISTEMA OPERACIONAL ANDROID	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1. PROJETO FÍSICO DESENVOLVIDO PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA	36
3.1.1. PROTÓTIPO INICIAL	36
3.1.2. PROJETO FÍSICO FINAL.....	38
3.2. PROJETO LÓGICO DESENVOLVIDO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA	41
3.3. APLICAÇÃO ESPECÍFICA PARA CÁLCULO DE DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS E VIDEIRAS.....	45
4. RESULTADOS.....	48
5. CONCLUSÃO	52
6. REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

Plantas frutíferas necessitam de um período chamado dormência, durante o qual seu desenvolvimento é temporariamente suspenso, ficando a planta inativa. Este período, que pode variar dependendo da espécie e do cultivar, ocorre em função do clima frio e contribui para que a brotação seja uniforme e a planta tenha êxito em sua produção de frutos. Após transcorridos os dias de dormência, deve acontecer o processo chamado quebra de dormência, quando a planta volta ao seu desenvolvimento normal. Caso essa quebra de dormência não aconteça de forma natural, existe a possibilidade da aplicação de produtos químicos ou naturais que, se utilizados em tempo certo, são capazes de estimular a planta a retomar seu desenvolvimento. Para saber o momento correto para a aplicação de produtos específicos para quebra de dormência, é necessário identificar em qual estágio de inatividade a planta se encontra. E, para afirmar esse estágio, devem ser estimadas a quantidade de horas acumuladas de frio a que planta já foi submetida, valor este que varia de acordo com cada cultura.

Identificar o estágio de dormência e o momento mais adequado para estimular a sua quebra em plantas frutíferas é fundamental para que ações sejam efetivadas em tempo certo, visando a resultados satisfatórios na colheita, uma vez que a planta submetida à quantidade adequada de horas de dormência implica qualidade dos frutos.

Em muitos casos, quando o produtor necessita saber o número de horas de frio acumuladas de sua plantação, ele precisa requerer dados de institutos climatológicos existentes na sua região e importá-los para algum software específico, como o Hora Frio, ou planilhas eletrônicas previamente elaboradas que realizem o cálculo do período de dormência desejado. Todavia, esses cálculos podem não ser precisos, já que as leituras dos institutos refletem as temperaturas dos locais específicos onde estão as estações agrometeorológicas, podendo não refletir o local de sua plantação.

Durante a realização desta pesquisa não foram encontrados trabalhos que agreguem em um único dispositivo automatizado a coleta de dados climáticos, como temperatura e umidade relativa do ar, e softwares para o cálculo da estimativa de dormência. Foram encontrados apenas trabalhos relacionados à coleta de dados automáticos e trabalhos relacionados a softwares para dormência ou gestão de dados previamente coletados, porém, não integrados à estação meteorológica.

O presente trabalho apresenta uma solução de baixo custo, integrada e automatizada para coleta de temperaturas, umidade relativa do ar e cálculo de dormência, em escala horária. A coleta de temperaturas se dá para que possa ser estimada a quantidade de horas de frio à qual a planta foi submetida.

Justifica-se o desenvolvimento deste trabalho tendo em vista que coletar dados meteorológicos específicos de pomares de pessegueiros e videiras, a baixo custo, é fundamental para que produtores possam ter acesso às estimativas de dormência próximas do ideal. Com o uso de estações e softwares integrados, será possível ao produtor ter acesso remoto e em tempo real aos dados específicos de sua plantação e, posteriormente, verificar por meio de relatórios a estimativa do cálculo de dormência das plantas frutíferas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma estação agrometeorológica de baixo custo, integrada a softwares para (i) coleta de dados, (ii) acesso remoto em tempo real a dados climatológicos e (iii) estimativas de cálculo de dormência de pessegueiros e videiras.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instalar e configurar um servidor de aplicação com suporte a tecnologia webservice para recebimento de dados oriundos das estações agrometeorológicas;
- Desenvolver um aplicativo móvel para permitir acesso remoto, em tempo real, aos dados climatológicos coletados na estação;
- Desenvolver um aplicativo capaz de gerar a estimativa do cálculo de dormência de pessegueiros e videiras, com base nas leituras da estação agrometeorológica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, apresenta-se uma revisão de literatura referente aos conceitos empregados neste estudo, sendo eles: período de dormência, processo de quebra de dormência, assim como as características inerentes a videiras e pessegueiros. Também foi realizada estudo teórico sobre estações agrometeorológicas e tecnologias necessárias para projeto e implementação tanto de estações agrometeorológicas experimentais e software para cálculo de estimativa de período dormência em pessegueiros e videiras.

2.1. PERÍODO DE DORMÊNCIA

De acordo com Perussi (2009), o estado de dormência de uma planta é o estado de inatividade fisiológica que permite a ela sobrevivência, mesmo em condições de baixa temperatura. Haverroth (2009) corrobora afirmando que a dormência é uma ocorrência biológica complexa, durante a qual há modificações no metabolismo vegetal com o objetivo de desenvolver resistência a condições ambientais não favoráveis à planta, sendo uma estratégia adaptativa de frutíferas de clima temperado, que permite a sobrevivência dessas espécies durante o outono e inverno.

Além de permitir a sobrevivência da planta em tempos de muito frio, o estado de dormência é necessário para garantir a qualidade da produção. Baskin e Baskin (1985, apud ALVES et al., 2004) e Bewley e Black (1985, apud ALVES et al., 2004) afirmam que a dormência é o período capaz de garantir a germinação das sementes e, como consequência, o desenvolvimento da planta em tempo e local adequados. Haverroth (2009) também destaca a resposta produtiva de plantas frutíferas frente a dormência. O autor também menciona que as condições do ambiente são determinantes para induzir a dormência. Entre as condições ambientais que interferem na dormência, a temperatura é a que mais se destaca, sendo mencionada

por diferentes autores como Petri et al. (1996), Oliveira Filho e Carvalho (2003), Citadin et al. (2002) e Marodin, Sartori e Guerra (2002).

De acordo com Petri et al. (1996) a baixa temperatura tem dupla função: iniciar e terminar a dormência em plantas, permitindo que aconteça uma nova brotação. Os autores mencionados afirmam, ainda, que as baixas temperaturas dos meses de outono e inverno constituem o fator mais importante que conduz a planta ao processo de dormência. Citadin et al. (2002) também mencionam a temperatura como o principal fator externo responsável por desencadear o processo de paralisação e retomada do crescimento de plantas. Marodin, Sartori e Guerra (2002) apoiam os demais pesquisadores, destacando a temperatura como sendo um dos fatores externos que mais influenciam a produção, já que, se há insuficiência de frio, as plantas passam a apresentar sintomas de falta de adaptação como: atraso do período de floração; maior duração do período de floração; abertura de menor número de gemas floríferas e vegetativas e, conseqüentemente, redução na produção com frutos não uniformes e de baixa qualidade.

De acordo com Erez (2000), quando não ocorre a superação do período de dormência devido à insuficiência do acúmulo de frio necessário, há atraso na brotação e falta de uniformidade na floração das plantas.

O processo de dormência se encerra de forma natural quando, após atingir o número necessário de horas de frio, a planta retoma seu desenvolvimento, fase denominada quebra de dormência. Em alguns casos, a quebra de dormência precisa ser incentivada por meio da aplicação de insumos, uma vez que a não entrada no período de dormência ou atraso na saída desse processo prejudicam a produção.

2.1.1. CÁLCULO DE DORMÊNCIA

O outono e o inverno são estações climáticas em que as mais baixas temperaturas são registradas. Essas baixas temperaturas constituem o fator ambiental determinante para induzir uma planta a entrar em dormência, sendo o frio da última metade do inverno o que exerce maior influência (PETRY et al.,1996). Quando se trata de cálculo de dormência, algumas temperaturas são observadas com maior critério. No Quadro 1 são apresentadas tais temperaturas e observações relacionadas a elas, de acordo com Petry et al. (1996).

Quadro 1: Temperaturas a serem observadas no cálculo de dormência.

TEMPERATURA (t)	OBSERVAÇÃO
$t = 7,2^{\circ}\text{C}$	Anos atrás essa temperatura era tida como medida específica de horas de frio. Porém hoje ela é vista apenas como um valor referencial.
$t < 0^{\circ}\text{C}$	Temperaturas não efetivas para acúmulo de horas de frio, já que a planta não passa por processos fisiológicos necessários para a quebra de dormência.
$t > 0^{\circ}\text{C}$ e $t < 7,2^{\circ}\text{C}$	Temperaturas neste intervalo não indicam necessariamente temperaturas para acúmulo de horas de frio, todavia, apresentam maior chance de efetividade.
$t > 7,2^{\circ}\text{C}$ e $t \leq 15^{\circ}\text{C}$	Temperaturas neste intervalo não afetam a eficiência do acúmulo de horas de frio, podendo também influenciar a saída da dormência, especialmente em espécies e cultivares de menor exigência de frio.
$t > 21^{\circ}\text{C}$	Podem anular parte do acúmulo de horas de frio, quando não ocorrerem no mínimo 10 dias consecutivos com temperatura inferior a 21°C . Nesses casos, uma exposição de 2 a 4 horas a 21°C não prejudica o acúmulo de horas de frio, porém uma exposição superior a 8h já é capaz de desencadear um efeito anulador das horas de frio.

Fonte: Petry et al. (1996).

De acordo com Hawerth (2009), a somatória de horas abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$ é o método mais utilizado para quantificar o número de horas de frio acumulado em frutíferas. Esse método foi proposto por Weinberger (1950) e não considera temperaturas com valores superiores ao limite de $7,2^{\circ}\text{C}$. Hawerth (2009)

destaca que, apesar da baixa precisão que confere, o modelo de Weinberger é amplamente utilizado pela facilidade de cálculo. Erez (2000) destaca que as principais contribuições do método de Weinberger estão no reconhecimento de que o acúmulo de horas deve ser quantitativo, de que há um número determinado de horas a que a planta deve ser exposta ao frio, e também de que existe uma temperatura considerada crítica, nesse caso 7,2° C, abaixo da qual o frio passa a ser efetivo para a dormência.

Para Anzanello (2015), modelos para verificação de horas acumuladas de frio em que não há um valor fixo de temperatura determinado são mais eficientes que outros nos quais apenas são consideradas horas-relógio acumuladas de frio para determinação do período de dormência. O autor cita o modelo de Utah, proposto por Richardson et al. (1974 apud HAWERROTH, 2009) e o modelo Carolina do Norte, proposto por Shaltout e Unrath (1983, apud HAWERROTH, 2009) como modelos de horas de frio ponderadas. Nesses modelos, uma temperatura exposta por uma hora é equivalente a uma quantidade de unidades de frio (UF). Para regiões onde são comuns altas temperaturas durante o outono e inverno, o que pode prejudicar o cálculo de frio acumulado, o autor cita novos modelos propostos: o modelo de Utah Modificado e o modelo Carolina do Norte Modificado (EBERT et al., 1986, apud HAWERROTH, 2009). Esses são considerados modelos dinâmicos e contemplam temperaturas mínimas e máximas diárias para o cálculo de frio acumulado. Ebert et al. (1986, apud HAWERROTH, 2009) indicam o modelo Carolina do Norte Modificado como o mais indicado para as condições climáticas que a região sul brasileira apresenta.

O Quadro 2 apresenta, resumidamente, os cinco principais modelos para cálculos de dormência.

Quadro 2: Modelos matemáticos para o cálculo de dormência.

MODELOS PARA CÁLCULO DE DORMÊNCIA	CARACTERÍSTICAS
(1) Modelo de Horas de Frio	Consiste na soma diária do tempo, em horas, em que houve exposição a temperaturas iguais ou inferiores a 7,2° C, durante os meses de maio a setembro, ou seja, durante o outono e inverno.
(2) Modelo de Utah (3) Modelo Carolina do Norte	Consistem em modelos matemáticos nos quais há a conversão de temperaturas horárias para unidades de frio. Essas unidades são acumuladas diariamente até atingirem um total que, teoricamente, implica o final da fase de dormência. Nesses modelos, uma certa temperatura exposta por uma hora equivale a uma determinada quantidade de horas de frio. No modelo de Utah, a faixa de temperaturas entre 2,5°C e 9,1°C é considerada ótima e equivale a uma unidade de frio. Já no modelo Carolina do Norte, a temperatura 7,2°C é considerada ótima e corresponde a uma unidade de frio. Quando são verificadas temperaturas superiores ou inferiores às definidas como ótimas, é atribuída uma porcentagem da unidade de frio.
(4) Modelo de Utah Modificado (5) Modelo Carolina do Norte Modificado	Os modelos modificados adotam o mesmo procedimento dos modelos anteriores, sendo diferente a acumulação dos valores. Quando são registradas até 96 horas de frio negativo, são subtraídas do total de unidades de frio já acumuladas. Acima das 96 horas não há modificação nas horas de frio já acumuladas, ficando elas constantes, até que ocorra a verificação de novas unidades de frio positivas.

Fonte: Adaptado de Petry et al. (1996).

Para auxiliar no processo de cálculo de dormência, softwares foram propostos, assim como o emprego de planilhas eletrônicas previamente definidas. O software *WinTree* foi proposto por Rojas-Martinez et al. (1998) e tem por objetivo empregar o Modelo de Utah para cálculo de dormência. Outro software empregado para estimativas de horas e unidade de frio é o “Hora Frio”, desenvolvido pelo Departamento de Agrometeorologia da Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EPAGRI). De acordo com Botelho, Ayub e Muller (2006a), o software é fundamentado na interpolação de três leituras diárias de temperatura realizadas às 6h, 15h e 21h. Ambos os softwares, *WinTree* e “Hora

Frio”, não estão integrados a estações agrometeorológicas. Para que os cálculos sejam realizados, antes faz-se necessária a importação de dados coletados. Não foi encontrado na literatura registro de software para cálculos de estimativa de dormência baseado nos modelos de horas de frio de Utah, de Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado, integrado a estações agrometeorológicas.

2.1.2. QUEBRA DE DORMÊNCIA EM VIDEIRAS

A videira, da ordem da Ramnidea e da família da Vitacea, é uma planta frutífera de clima temperado.

De acordo com dados do IBGE (2015), o Brasil produziu mais de 1 milhão de toneladas de uvas em 2013, sendo a região sul a maior produtora, com mais de 965 mil toneladas do fruto. Moura e Angelotti (2010) já mencionam a região sul como a maior produtora de uvas em 2008, com 66% da produção nacional. Os autores também destacam que a uva produzida na região sul é usada, em sua maioria, para a produção de vinho. Já as uvas produzidas na região nordeste e sudeste, predominantemente, são cultivares de mesa.

A qualidade dos frutos produzidos é essencial para que a produção brasileira de uvas seja mantida. Para Moura e Angelotti (2010), novas tecnologias são uma das exigências do mercado para a garantia de uvas de qualidade, juntamente com mão-de-obra qualificada e serviços especializados.

Monitorar a temperatura, entre outras variáveis climáticas, é fundamental para prever a qualidade e quantidade da produção e, se necessário, intervir. Para Moura e Angelotti (2010), os principais elementos climáticos capazes de interferir no cultivo da uva são a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa do ar, assim como a precipitação e a velocidade do vento. Segundo os autores, esses

elementos influenciam no crescimento e desenvolvimento da planta, na incidência ou não de pragas e doenças, na necessidade hídrica e na produtividade e qualidade do fruto. Maraschin, Koller e Silva (1992) destacam que a videira apresenta falhas de brotação quando seu cultivo é feito em regiões de inverno ameno. Consequência disso é a baixa produtividade. Botelho et al. (2009) corroboram, afirmando que invernos amenos são fatores limitantes na produção comercial de uvas. De acordo com Dokoozlian (1999, apud BOTELHO et al., 2009) para que a quebra de dormência aconteça em videiras, é necessário um período de exposição ao frio que varia entre 50 e 400 horas de temperaturas abaixo de 7° graus Celsius, dependendo do cultivar.

Especificamente para o estado do Paraná, Ricce et al. (2014) definiram o zoneamento agroclimático do cultivo de uva. Ao considerar a variável temperatura, os autores destacam a diferença de temperaturas apresentada nas regiões do estado, cerca de 12 a 13° C entre o extremo noroeste e as áreas mais elevadas do sul. De acordo com o estudo, todo o estado do Paraná, exceto o litoral, é apto para o cultivo de uvas rústicas. Já para o cultivo de uvas finas de mesa são consideradas aptas as regiões norte, noroeste e oeste do estado. Para uvas finas, destinadas à vinificação, não são aptas as regiões do litoral e leste. Ainda em se tratando do estado do Paraná, Sato et al. (2008) afirmam que no norte do estado do Paraná a quebra de dormência em videiras precisa ser feita por meio da intervenção humana, já que a região não apresenta horas de frio suficientes para a quebra natural da dormência. Já Biasi, Carvalho e Zanette (2010) indicam que videiras americanas, as quais possuem menor exigência de frio, são indicadas para o cultivo na região de Curitiba, capital do Estado do Paraná. Na Tabela 1 são

apresentados os resultados de acúmulo de frio observados no estudo desenvolvido por Biasi, Carvalho e Zanette (2010).

Tabela 1: Acúmulo de frio na região de Curitiba - PR nos anos de 2007 e 2008.

ANO	HORAS DE FRIO	UF Modelo de Utah Modificado
2007	201 horas	223,5 UF
2008	98 horas	93 UF

Fonte: Biasi, Carvalho e Zanette (2010).

Dentre as tecnologias aplicadas na produção das videiras, é possível citar o emprego das estações meteorológicas para monitoramento de variáveis climáticas, em especial a temperatura do ambiente de cultivo, como em Santos et al. (2007), Scarpore et al. (2007) e Peruch et al. (2007). Não é possível mencionar características dessas estações, devido estas não terem sido mencionadas nos trabalhos.

2.1.3. QUEBRA DE DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS

De acordo com Embrapa (2014), o Brasil produziu mais de 217 mil toneladas de pêsego no ano de 2013, sendo o Rio Grande do Sul o principal produtor. Em 2011 o estado foi responsável pela produção de aproximadamente 130 mil toneladas. Almeida et al. (2014) destacam a finalidade da produção de pêsegos em algumas regiões daquele estado. Segundo os autores, a região do sudeste do estado, especificamente a região de Pelotas, produz pêsegos tanto para o processamento quanto para o consumo in natura. Já a região nordeste, especificamente a região de Caxias do Sul, produz pêsegos para consumo in natura.

Milech, Herter e Raseira (2015) lembram que o acúmulo de frio hibernal é fundamental para a superação da dormência em frutíferas e destacam que vários

estudos vêm sendo realizados para monitoramento desse período de exposição a baixas temperaturas, especialmente envolvendo ambientes controlados.

As condições de manejo e do ambiente onde está o pomar são citadas por Nava, Marodin e Santos (2009) como variáveis necessárias para o êxito na frutificação e produção dos pessegueiros depende. Complementam, também, que a superação de dormência é necessária para a adequação das gemas florais da planta. Ferraz (2013) corrobora, mencionando a regularidade e a qualidade do frio durante o período de dormência como fenômenos de grande relevância para o desenvolvimento do pessegueiro. Para o autor, não sendo essas características atendidas, as plantas são induzidas a antecipar o florescimento, causando, conseqüentemente, danos à produção pela presença de flores pequenas, baixa frutificação, frutos de menor tamanho e pêssegos com sutura ou ponta pronunciada.

Tendo em vista que o florescimento é desencadeado a partir de condições ambientais favoráveis, como a exposição a uma quantidade de horas de frio e, posteriormente, elevação de temperatura, o processo de estimar o tempo de dormência dos pessegueiros é relevante na tentativa de aumentar a qualidade da produção.

Richardson et al. (1974, apud HAWERROTH, 2009) afirmam que para a superação da dormência em pessegueiros as temperaturas entre 2 e 9° C são as mais eficientes. Ainda, (EREZ e COUVILLON, 1987 apud HAWERROTH, 2009) observam que o máximo efeito observado para a superação da dormência ocorre entre as temperaturas de 6 e 8° C. A pesquisa de Citadin et al. (2002), indicam temperaturas limites entre 2°C e 12° C e também o modelo de Utah como o mais favorável para a quebra de dormência nestas plantas. Os autores não

mencionam o motivo da escolha dessas temperaturas, tampouco o motivo que levou à escolha do modelo de referência. Os resultados obtidos na pesquisa de Citadin et al. (2002) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Horas de frio necessárias para alguns cultivares de pessegueiros.

CULTIVAR	< 2°C	< 12° C	UF (modelo de Utah)
Precocinho	300 horas	200 horas	150 UF
Riograndense	450 horas	365 horas	225 UF
Eldorado	450 horas	365 horas	225 UF
BR-1	450 horas	418 horas	225 UF

Fonte: Citadin et al (2002).

De acordo com Botelho, Ayub e Muller (2006b), para as cidades de Curitiba e Ponta Grossa, no Paraná, são recomendados os cultivares Eldorado e Riograndense devido às médias de UF históricas das regiões, próximas às UF exigidas. Já para Guarapuava, no mesmo estado, cidade que tem média de 308UF, são indicados os cultivares Planalto e Della Nona, que exigem mais de 300UF.

2.2. ESTAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS

Elias et al. (2014) definem meteorologia como sendo a ciência que estuda a atmosfera. Destacam, também, que as principais preocupações da meteorologia estão relacionadas à previsão do tempo e à climatologia. Já Scoz (2008) afirma que, para que os objetivos da meteorologia sejam atingidos, faz-se necessário monitorar, por meio de coleta de dados, variáveis que definem a condição física da atmosfera em determinado instante e local, onde, para isso, são instaladas estações meteorológicas.

De acordo com INMET (2015), dados meteorológicos estão relacionados às condições e comportamento físico da atmosfera. Já dados climatológicos referem-se ao comportamento médio da atmosfera em um determinado período. Oliveira et al. (2013) evidenciam a importância da coleta de dados meteorológicos e climatológicos afirmando serem estes fundamentais especialmente para a

sustentabilidade da agricultura, já que o clima é fator determinante para o desenvolvimento de uma cultura e sua conseqüente produtividade. O autor lembra que informações sobre o tempo e o clima são utilizadas no planejamento da aplicação de insumos, preparo do solo, entre outras etapas da rotina agrícola.

Para Ferraz (2010) a agricultura possui forte dependência do clima, já que todas as etapas das atividades agrícolas sofrem sua influência. Destaca ainda que, para minimizar as perdas econômicas e produtivas causadas pela variação climática surgiu o monitoramento climático aplicado à agricultura, por meio da coleta de dados específicos, com o uso de estações. Quando estas são aplicadas especificamente para agricultura, são chamadas estações agrometeorológicas.

De acordo com Galina e Verona (2004) as estações meteorológicas ou agrometeorológicas são consideradas convencionais quando a presença diária de um observador é exigida para efetuar a coleta dos dados. Já as estações são consideradas automáticas quando a coleta de dados não depende de um observador e é feita de forma totalmente automatizada. Nessas estações, sensores emitem sinais que são capturados pelo *datalogger*, um sistema de aquisição de dados. As autoras destacam como vantagem das estações automáticas, as leituras constantes dos dados necessários.

A Tabela 3 apresenta o preço médio de estações agrometeorológicas em 2015.

Tabela 3: Preço médio de estações agrometeorológicas em 2015

PRODUTO	FUNCIONALIDADES	VALOR
Estação agrometeorológica automática básica	Armazenamento local dos dados	R\$10.000,00
Estações agrometeorológica automática	Armazenamento e envio de dados via satélite	R\$ 27.000,00, mais mensalidades em torno de R\$300,00

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

Carlesso, Petry e Trois (2007) afirmam que estações para coleta de dados meteorológicos são ferramentas importantes nos processos envolvidos na agricultura, tendo em vista que os dados empregados devem ser precisos e confiáveis. Os autores destacam que, quando essas estações são automáticas, é maior a frequência dos registros diários, o armazenamento dos dados verificados e a possibilidade de transmissão desses dados para visualização em tempo real. Além da coleta, a transmissão e interpretação automáticas dos dados contribuem para a diminuição de erros humanos.

Teramoto, Carvalho e Dantas (2009), Straussburger et al. (2011) e Pereira et al (2008) apresentam comparações de dados provenientes de estações agrometeorológicas convencionais e estações agrometeorológicas automáticas. O trabalho de Teramoto, Carvalho e Dantas (2009) comparou as temperaturas do ar médias diárias de duas estações localizadas na Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais, uma automática e outra, não. Os dados foram coletados entre 30/06/2004 e 31/12/2004 e entre 01/01/2005 e 04/12/2005, sendo que a observação mostrou concordância entre as temperaturas analisadas. O trabalho de Straussburger et al. (2011) compara dados de temperatura do ar coletados em uma estação convencional aos dados coletados por uma estação automática, ambas instaladas em Pelotas – RS, e avalia as estimativas da temperatura média diária do ar por diferentes métodos. Os dados para análise foram coletados entre 22/12/2005 e 21/12/2006 e o estudo conclui que há uma equivalência entre valores obtidos pelos dois modelos de estações. A pesquisa de Pereira et al. (2008) comparou os dados coletados por uma estação convencional do IAPAR com dados coletados por uma estação automática do SIMEPAR, ambas localizadas em Londrina – PR. Foram analisados diariamente a precipitação, temperaturas máximas, mínimas e médias do ar, velocidade do vento

e umidade relativa do ar durante 01/10/1999 e 31/12/2006. O estudo também demonstrou alta concordância entre os valores e afirma que a estação meteorológica automática possui alta confiabilidade, podendo ser empregada em estudos climatológicos.

Diante das vantagens da aplicação de estações automáticas, inúmeras pesquisas passaram a aplicá-las. Um exemplo é o sistema Irriga, que consiste em um serviço de manejo e monitoramento de irrigações proposto por Carlesso, Petry e Trois (2007). Nesse sistema, estações meteorológicas são usadas para coletas de dados necessários para o processo de monitoramento de irrigações.

Susnik, Matajč e Kodrič (2006) descrevem a utilização do SagMis (Sistema de Informações Agrometeorológicas da Eslovênia) que foi desenvolvido pelo Departamento Agrometeorológico Ambiental - Agência da República Eslovênia. Esse sistema é composto por sete estações agrometeorológicas instaladas na Eslovênia, que enviam os dados climatológicos de hora em hora para um servidor centralizado, permitindo que esses dados sejam acessados instantaneamente por produtores do país. O SagMis possibilita o acesso às informações coletadas pelas estações em dispositivos móveis como celulares e *tablets* em tempo real e seus dados são aplicados também à irrigação, que apresentou queda de 20% no consumo de água.

A ferramenta PROMETEO, proposta por Fontes (2010), é um sistema voltado para o registro e disponibilização de informações coletadas por diferentes estações meteorológicas. Scoz (2008) desenvolveu um sistema informatizado capaz de coletar, armazenar e difundir informações meteorológicas coletadas na estação meteorológica do Centro Agroveterinário da Universidade do Planalto Catarinense, por meio de acesso on-line.

2.3. POSSÍVEIS TECNOLOGIAS EMPREGADAS EM ESTAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS AUTOMATIZADAS

2.3.1. MICROCONTROLADOR ATMEL E PLATAFORMA ARDUINO

Borges et al. (2008) definem microcontroladores como computadores encapsulados em um único invólucro. Essa definição é fundamentada na constatação de que um microcontrolador consiste em um processador associado à memória, interface de entrada e saída de dados e possibilidade de conexão com dispositivos periféricos, como conversores de sinais (análogo/digital), contadores, temporizadores, interface para comunicação serial, entre outros.

Dentre os microcontroladores disponíveis no mercado está o Atmel, empregado na plataforma Arduino. De acordo com Bento da Silva (2002) a Atmel empregou a filosofia RISC aos microprocessadores de 8 bits, dando origem à arquitetura denominada AVR. Para o autor, essa arquitetura confere aos microcontroladores taxa de clock¹ mais rápida, otimização eficiente do compilador e consequente melhora no desempenho.

A plataforma Arduino é, de acordo com Lima (2014), uma plataforma eletrônica livre, empregada para prototipagem, de baixo custo e baseada em hardware e softwares igualmente livres. Silva Filho et al. (2012) complementam que o diferencial do Arduino está em ser desenvolvido e aperfeiçoado por uma comunidade que divulga tanto as placas como os códigos de aplicação.

Lima (2014) ressalta que o Arduino é capaz de: interagir com o ambiente externo por meio do recebimento de sinais vindos de sensores como os de

¹Taxa de clock faz referência ao tempo que o processador precisa para efetuar as operações que lhe foram solicitadas. Cada Hertz equivale a um "ciclo/segundo", ou seja, uma "instrução/segundo". Logo, 100 Hz são 100 instruções/segundo.

temperatura, pressão, umidade, entre outros; processar esses dados em um microcontrolador da família Atmel; e disponibilizar os resultados do processamento de volta para o ambiente por meio de atuadores.

Elias et al. (2014) destacam que o Arduino foi projetado para atuar de forma modular. Assim, a uma mesma placa podem ser incorporadas diversas extensões, chamadas Shields, que têm por função agregar funcionalidades específicas à placa principal. Silva Filho et al. (2012) definem Shields como sendo escudos acoplados capazes de agregar poderes ao Arduino. Já Lima (2014) destaca que expandir a capacidade do Arduino é a principal finalidade dos Shields.

De acordo com Lima (2014), o Arduino é programado por uma linguagem específica, denominada *Wiring*, um subconjunto das linguagens C e C++. Elias et al. (2014) destacam que o Arduino pode ser programado em outras linguagens como Python e Java, bastando empregar bibliotecas específicas.

A agricultura tem apresentado demanda por aplicação da plataforma Arduino para automatização de processos. O Quadro 3 apresenta alguns empregos.

Quadro 3: Exemplos de aplicação da plataforma Arduino na agricultura.

TRABALHOS	DESCRIÇÃO
Monteiro Junior, Nunes e Celinski (2012)	A plataforma Arduino é utilizada para comparar o resultado de dados coletados por sensores de condutividade eletrolítica. O trabalho busca automatizar alguns processos de análise de solo.
Damiati, Camargo e Celinski (2014)	A plataforma Arduino é aplicada na agricultura de precisão por meio da utilização de sensores para a coleta e armazenamento de dados de atributos do solo.
Villalba et al. (2015)	A plataforma Arduino é empregada para integrar a informática e a agricultura por meio da automação de uma estufa. Os resultados do trabalho foram satisfatórios, já que ocorreu a comunicação eficiente entre o hardware e o software para controle e o ambiente.
Galande, Agrawal e Rohan (2015)	A plataforma Arduino e sensores sem fio são empregados para o monitoramento da umidade do solo, temperatura ambiente, nível do pH do solo, entre outros. Os resultados do trabalho

	demonstraram que é possível construir um sistema de monitoramento de variáveis utilizando tecnologia embarcada com o microcontrolador Arduino, sensores e transmissores Zigbee, sensores capazes de transmitir dados via WI-FI.
Szilágyi e Tóth (2015)	A plataforma Arduino é utilizada para o desenvolvimento de um coletor de dados móvel open-source.

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

Quando a plataforma Arduino mostra-se limitada para determinado projeto, existe a possibilidade do emprego apenas do microcontrolador Atmel integrado a placas de circuitos integrados desenvolvidas para uso específico. Nesse caso, recursos como Shields da plataforma Arduino podem deixar de ser empregados e precisam ser igualmente construídos. Todavia, a linguagem para programação do microcontrolador continua sendo a mesma, tendo em vista que a programação da plataforma Arduino é na verdade uma programação específica para o próprio microcontrolador. Kamogawa (2013) alerta que, para usuários leigos em eletrônica, o emprego direto de microcontroladores é difícil já que existe a necessidade da construção dos circuitos eletrônicos, além do desenvolvimento da programação. É devido a essas dificuldades que se opta, em muitos casos, pelo emprego da plataforma Arduino, ficando o projeto, algumas vezes, restrito.

O Quadro 4 apresenta os componentes do microcontrolador Atmel Atmega 328P empregado no Arduino Uno.

Quadro 4: Componentes do microcontrolador Atmel Atmega 328P.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
CPU (processador)	Unidade de processamento do microcontrolador
Memória interna dos dados	Memória de trabalho do processador
Entradas e saídas digitais	Possibilita a conexão com periféricos
Conversor analógico/digital	Permite a conversão de sinais analógicos para digitais
Comparador analógico	Possibilita a comparação de sinais de entrada
Timer	Atua como contadores que auxiliam o processamento
Memória flash	Hospeda o código a ser executado pelo microcontrolador

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Para as funcionalidades de coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, em uma estação agrometeorológica automática, sensores precisam ser acoplados a um microcontrolador.

A coleta tanto da umidade quanto da temperatura pode ser realizada através do sensor DHT-22. O estudo realizado por Ribeiro et al. (2016) indica o sensor DHT-22 para a coleta de temperatura por apresentar alta precisão. No entanto, não aconselha o uso deste sensor quando for necessário a aferição da umidade quando a exatidão dos dados é fundamental. O Quadro 5 apresenta as características do sensor DHT-22.

Quadro 5: Características do sensor DHT-22

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Modelo	AM2302
Tensão de Operação	3-5VDC (5,5VDC máximo)
Faixa de Medição de Umidade	0 a 100% UR
Corrente de Operação	2,5mA max durante uso, em stand by de 100uA a 150 uA
Comunicação	
Precisão de Medição de Umidade	$\pm 2,0\%$ UR
Precisão Típica	$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Faixa de Medição de Temperatura	-40° a $+80^{\circ}\text{C}$
Resolução	0,1
Dimensões	25 x 15 7mm (sem terminais)

Fonte: Adafruit (2015).

A Figura 1 mostra o sensor DHT-22.

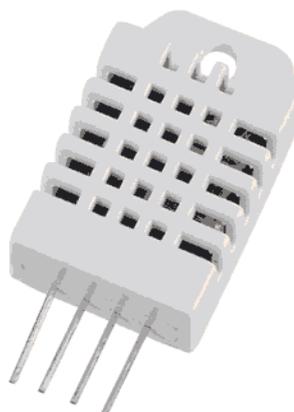


Figura 1: Sensor DTH-22

Fonte: Arduino (2016).

A temperatura também pode ser coletada pelo sensor DS18B20. Este sensor possui o diferencial de ser à prova d'água, através de um resistente encapsulamento. Amorim, Dias e Soares (2015) destacam que o sensor DS18B20 é pré-calibrado pelo fabricante, podendo seu uso ser imediato para aferição de temperaturas. O Quadro 6 apresenta as características do sensor DS18B20.

Quadro 6: Características do sensor DS18B20

CARACTERÍSTICAS	DS18B20
Dimensões	Comprimento do Cabo + Conector: 1 metro
Tensão de operação	3.0V ~ 5.5V
Faixa de leitura	-10°C a +85°C $\pm 0.5^\circ\text{C}$
Outras características	Sensor prova d'água

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

A Figura 2 mostra o sensor DS18B20.



Figura 2: Sensor DS18B20
Fonte: Arduino (2016).

2.3.2. TECNOLOGIA WEBSERVICES

Webservices são definidas por Lopes e Ramalho (2004) como aplicações modulares e autodescritivas, acessadas por meio de uma URL (*Uniform Resource Locator* - Localizador Padrão de Recursos), independentes de plataforma e capazes de interagir entre si, sem a intervenção humana. Hansen e Pinto (2003) complementam, afirmando que um serviço pode ser chamado de forma remota ou ser usado junto com outros serviços para compor um novo. Araújo (2005) afirma,

ainda, que webservices, por serem destinados à comunicação com outras aplicações, necessitam de normas que permitam essa interação.

De acordo com Souza Segundo, Lins e Medeiros (2013), os webservices possibilitam a tarefa da integração e comunicação entre aplicações e/ou dispositivos. Os autores completam, afirmando que tal tecnologia consegue realizar essas tarefas por oferecer um conjunto de funcionalidades disponibilizadas por meio de padrões, para que as demais aplicações, ou mesmo outros webservices, possam conhecer e invocar seus serviços. Da forma com que são estruturados os dados enviados e recebidos, todos os participantes da comunicação entendem seu significado, independentemente da localização dos serviços e das linguagens de programação utilizadas.

Elias et al. (2014) e Prestes et al. (2011) são exemplos de utilização de webservices na agricultura. O Quadro 7 apresenta, resumidamente, a descrição dos trabalhos.

Quadro 7: Descrição de trabalhos com aplicação de webservices para a agricultura.

TRABALHO	DESCRIÇÃO
Elias et al. (2014)	Dados de leituras meteorológicas são coletados e enviados para um servidor web, utilizando a tecnologia webservice. O sistema ainda emite alarmes para o site Twitter, para avisar a ocorrência de eventos como chuva intensa
Prestes et al. (2011)	Dados meteorológicos de uma estação do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) são disponibilizados em um webservice para domínio público

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

2.3.3. SISTEMA OPERACIONAL ANDROID

Lecheta (2012) define Android como sendo uma arquitetura que, sendo poderosa, é ao mesmo tempo simples e flexível, o que permite o desenvolvimento de vários produtos. Pacheco Junior e Castro (2011) complementam afirmando que o Android é um sistema operacional Java executado no kernel Linux, leve e que apresenta muitos recursos. Os autores destacam o alto potencial para desenvolvedores criarem softwares dinâmicos e integrados.

Sistemas baseados no sistema operacional Android são desenvolvidos para as mais variadas necessidades, entre elas a agricultura. Para auxiliar a divulgação de aplicativos móveis para a agricultura, o trabalho de Bambini, Luchiari Junior e Romani (2014) apresenta uma pesquisa mercadológica sobre os aplicativos para dispositivos móveis voltados para a agricultura. Os autores citam os aplicativos AgroNews BASF, New Holland Clima, Ag Weather Tools e Growing Degree Days. O Quadro 8 apresenta as funcionalidades dos softwares descritas pelos pesquisadores.

Quadro 8: Aplicativos Android para agricultura mencionados por Bambini, Luchiari Junior e Romani (2014).

APLICATIVO	IDIOMA	FUNCIONALIDADES
AgroNews BASF	Português	Permite o acesso às notícias principais do setor de agronegócios, com filtros por tipo de cultura e região. É possível obter a previsão do tempo do CPTEC/INPE e acompanhar indicadores financeiros do mercado.
New Holland Clima	Português	Permite o acesso às principais notícias do mercado agrícola, além de acesso à previsão do tempo, bem como um histórico das condições atuais do clima em comparação com períodos anteriores.
Ag Weather Tools	Inglês	Por meio do emprego do GPS, avisa o produtor por meio de alertas personalizados sobre riscos climáticos.
Growing Degree Days	Inglês	Estabelece uma estimativa para data de colheita por meio da análise de dados como temperatura diária e pluviosidade, bem como data do plantio.

Fonte: Bambini, Luchiari Junior e Romani (2014).

Réquia (2013) cita em seu trabalho os aplicativos GPS MALHA, MAPAGEO e INTERPAP, também desenvolvidos em sistema operacional Android, os quais foram disponibilizados aos produtores rurais. O Quadro 9 apresenta as funcionalidades desses softwares.

Quadro 9: Aplicativos Android para agricultura desenvolvidos por Réquia (2013).

APLICATIVO	IDIOMA	FUNCIONALIDADES
GPS MALHA	Português	Permite a coleta de trajetos GPS e gera, posteriormente, a malha de amostragem da área, bem como estima a área do talhão. Pode ser empregado, também, para coleta de dados para posterior utilização na agricultura de precisão
MAPAGEO	Português	Auxilia os produtores na tomada de decisões por meio do acesso a imagens georeferenciadas
INTERPAP	Português	Permite a interpolação de dados para obtenção de variáveis de solo e planta, por toque na tela ou coordenadas GPS.

Fonte: Réquia (2013).

Narechania (2015) apresenta um aplicativo móvel para auxiliar fazendeiros e/ou produtores da Índia. O aplicativo encontra automaticamente a posição geográfica do usuário por meio do GPS do celular ou *tablet* e busca automaticamente dados como notícias, previsão do tempo, entre outros, para a região em que se encontra o usuário. A tecnologia webservices é empregada para recuperar dados de um servidor central.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização de estudos de caso, duas estações agrometeorológicas foram desenvolvidas e instaladas em diferentes locais: o Pomar Agroecológico do campus CEDETEG, pertencente à UNICENTRO (Universidade Estadual do Centro-Oeste), na cidade de Guarapuava – PR e a Fazenda Escola pertencente à UEPG (Universidade Estadual de Ponta Grossa), na cidade de Ponta Grossa – PR. Em ambos os locais foram coletados dados meteorológicos, de hora em hora, de videiras e pessegueiros, partindo do mês de junho de 2015 até início de setembro de 2015. As estações foram projetadas obedecendo ao padrão WMO (*World Meteorological Organization*), sendo os sensores instalados entre 1,20 e 2 m de altura, com cobertura que os deixa à sombra. Esses cuidados são necessários já que fenômenos como irradiação solar direta e nuvens, entre outros, podem levar a distorções nas leituras realizadas.

O processo de desenvolvimento das estações integradas ao software específico para cálculo de dormência aconteceu em diferentes etapas, apresentadas na Figura 3.

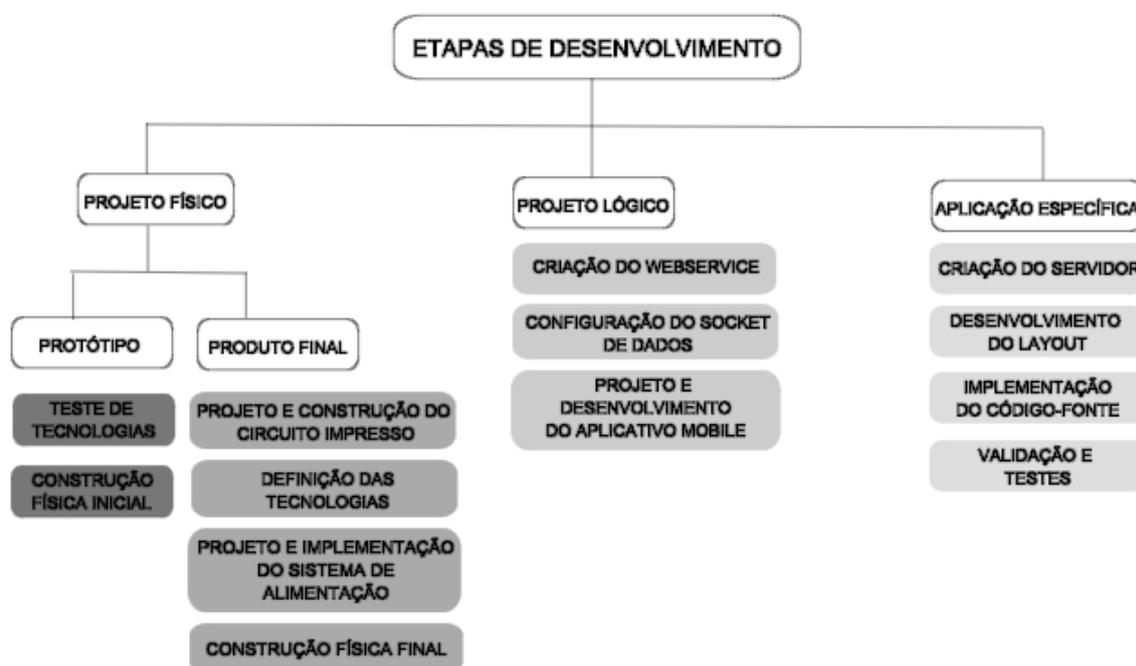


Figura 3: Etapas de desenvolvimento do trabalho
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

3.1. PROJETO FÍSICO DESENVOLVIDO PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA

3.1.1. PROTÓTIPO INICIAL

O protótipo inicial da estação foi desenvolvido com o emprego da plataforma Arduino, modelo Mega 2560 para controle do funcionamento geral. Associado à plataforma Arduino, foi acoplado o sensor DHT-11, capaz de realizar leituras de umidade relativa do ar e também de temperatura. Neste projeto, o DHT-11 foi utilizado somente para realizar as leituras de umidade relativa do ar, não sendo utilizado para as leituras das temperaturas, pois realiza tais leituras apenas em valores inteiros, sem escala decimal. Para leitura da temperatura foi então utilizado o sensor DS18B20, a prova d'água.

A Figura 4 apresenta o diagrama eletrônico do protótipo inicial da estação agrometeorológica. O Quadro 10 apresenta a descrição de tais componentes.

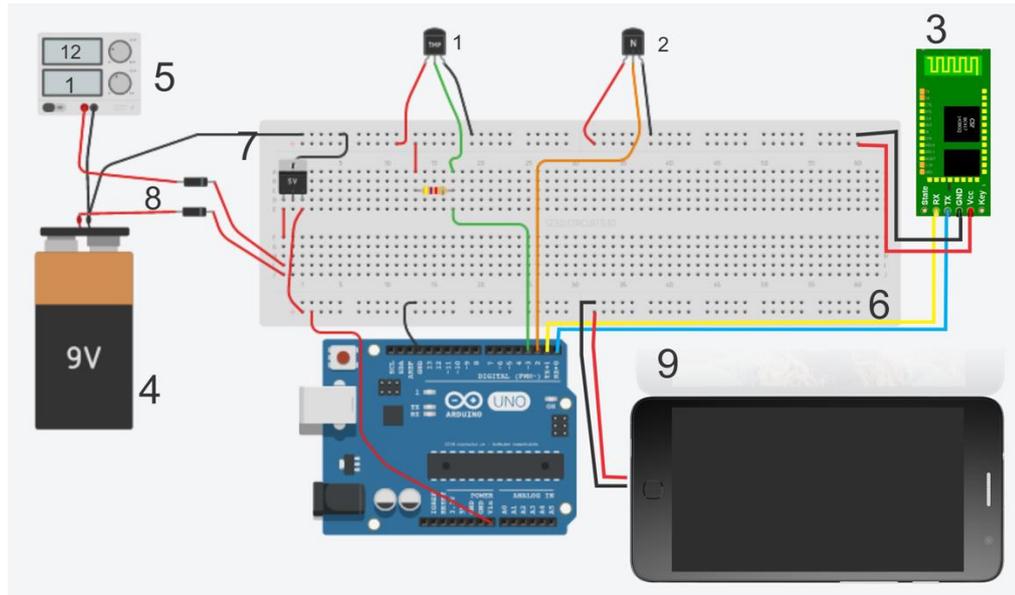


Figura 4: Diagrama eletrônico do protótipo inicial da estação agrometeorológica.
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Quadro 10: Descrição dos componentes do diagrama eletrônico do protótipo inicial.

ITEM	DESCRIÇÃO	FUNCIONALIDADE
1	Sensor DS18S20 – Sensor de temperatura	Sensor eletrônico de temperatura do ar
2	Sensor DHT11 – Sensor de temperatura e umidade do Ar	Sensor eletrônico de temperatura do ar e umidade
3	Transmissor/Receptor Bluetooth	Permitir que o celular se comunique com o Arduino via rádio-frequência
4	Bateria 9 volts	Fornecer energia elétrica ao circuito em caso de falta de energia elétrica
5	Fonte AC/DC (primário 90v~240v – secundário 12 volts / 1 Ampére	Alimentar o circuito constantemente com energia elétrica sendo a alimentação primária do circuito
6	Protoboard	Placa utilizada para conexão entre os equipamentos
7	Regulador de tensão 7805	Regular a tensão do circuito para 5 (cinco) Volts
8	Diodos IN 7004	Permitir que a direção da corrente do circuito elétrico circule em uma única direção além de manter o circuito alimentado através do circuito que possuir maior tensão
9	Celular Alcatel modelo POP C3	Contém o software desenvolvido que permite armazenar e enviar os dados coletados de hora em hora para os servidores remotos
10	Arduino Uno	Realizar a interface de aquisição das leituras dos sensores de temperatura e umidade do ar.

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

O protótipo inicial foi alimentado por energia advinda de pontos elétricos próximos aos locais de instalação. Caso acontecesse um corte no fornecimento de energia, uma bateria conectada ao circuito alimentaria a estação, por aproximadamente 48 horas. A Figura 5 apresenta a visão interna do protótipo inicial da estação agrometeorológica.



Figura 5: Visão interna do protótipo inicial da estação agrometeorológica.
Fonte: Desenvolvido pelo autor (2016).

3.1.2. PROJETO FÍSICO FINAL

Dois protótipos foram construídos e submetidos a testes por aproximadamente 4 meses, coletando os dados de temperatura e umidade relativa do ar, um em Guarapuava e outro em Ponta Grossa, cidades do estado do Paraná. Durante este período verificou-se que a estrutura física não suportaria longa exposição às intempéries climáticas e assim, possíveis oxidações poderiam ser origem de falhas de diferentes naturezas. A utilização do Arduino conectado a uma *proto-board* ocasionaria situações nas quais o mau contato levaria o sistema a falhas de alimentação e funcionamento incorreto dos sensores. Dessa forma, desenvolveu-se uma placa de circuito impresso dedicada em que os componentes ficam dispostos e soldados, sendo fios fixos em conectores específicos.

Para o projeto do circuito impresso foi utilizado o software *Eagle v.7.6.0 Light Edition*. Esse projeto é feito em duas etapas: (i) criação dos componentes eletrônicos e suas conexões e (ii) elaboração do layout das trilhas do circuito impresso. O Apêndice A apresenta o diagrama dos componentes eletrônicos e suas conexões. Já a Figura 6 apresenta o layout das trilhas do circuito impresso.

No produto final da estação agrometeorológica os sensores para leitura de temperatura e umidade relativa do ar inicialmente utilizados foram substituídos pelo sensor DHT-22. A plataforma Arduino também foi substituída, sendo agora empregado o microcontrolador Atmel Atmega 328P embarcado na placa de circuitos integrados criada especificamente para este projeto.

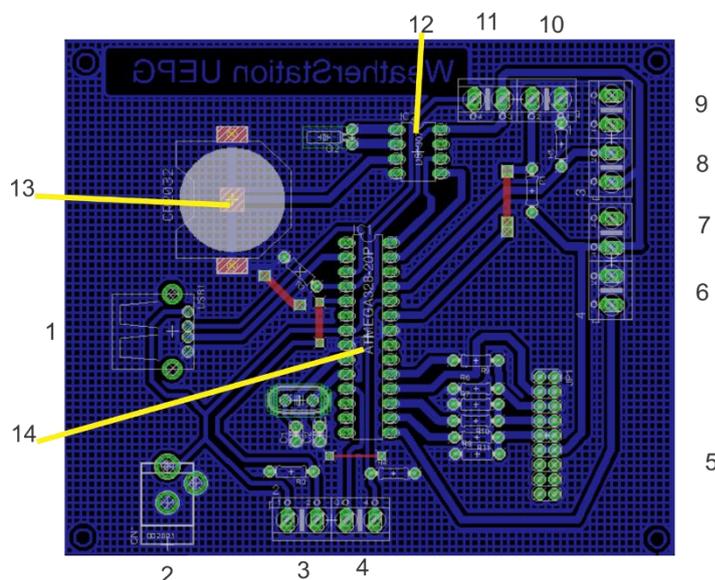


Figura 6: Layout das trilhas do circuito impresso.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

O Quadro 11 apresenta os componentes da placa de circuito impresso da versão final do projeto físico.

Quadro 11: Componentes da placa de circuito impresso da versão final do projeto físico.

ITEM	DESCRIÇÃO	FUNCIONALIDADE
1	Porta USB de comunicação	Pode ser utilizada para se conectar um transmissor Bluetooth ou qualquer outro tipo de comunicação serial
2	Entrada fonte de alimentação	Entrada de alimentação do circuito elétrico. Tensão entre 3.3 ~ 5.5 Volts
3	Conector sensor pluviômetro	Entrada digital (interrupção) para o sensor pluviômetro
4	Conector Sensor Umidade Solo	Entrada analógica para sensor de umidade do solo
5	Conector Leitor de cartões SD	Slot de instalação do leitor/gravador de cartões SD
6	Conector sensor DHT22	Entrada / alimentação sensor modelo DHT11/22/
7	N/A	Borne livre
8	Conector Sensor de luminosidade (LDR)	Entrada analógica preparada para uso com sensor de luminosidade LDR (Light Dependent Sensor
9	Livre	Borne livre
10	Conector Sensor Direção do Vento	Entrada analógica para o sensor de direção do vento
11	Conector Anemômetro	Entrada digital (Interrupção) – Modo PullUp para contagem dos pulsos enviados do anemômetro. Na estação final já consta um anemômetro.
12	Circuito Integrado DS 1307 (Data/Hora)	Circuito Integrado responsável em fornecer a data e hora para o microcontrolador
13	Bateria 3 volts modelo CR2032	Bateria utilizada no circuito integrado DS 1307 para que ele não perca o ajuste atual de data e hora em caso de falta de energia no sistema
14	Microcontrolador Atmel 328P	Microcontrolador responsável por requisitar e receber todas leituras dos sensores listados armazenando-os no cartão SD de memória.

		Permite a comunicação serial via cabo ou via radio-frequência (Bluetooth) com o celular ou tablete
--	--	--

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

O produto final da estação apresenta alimentação por painel solar e também por bateria de lítio. Empregou-se uma bateria de lítio na tentativa de garantir energia a estação no caso de ausência da alimentação pelo painel solar. A organização do sistema de alimentação é apresentada na Figura 7.

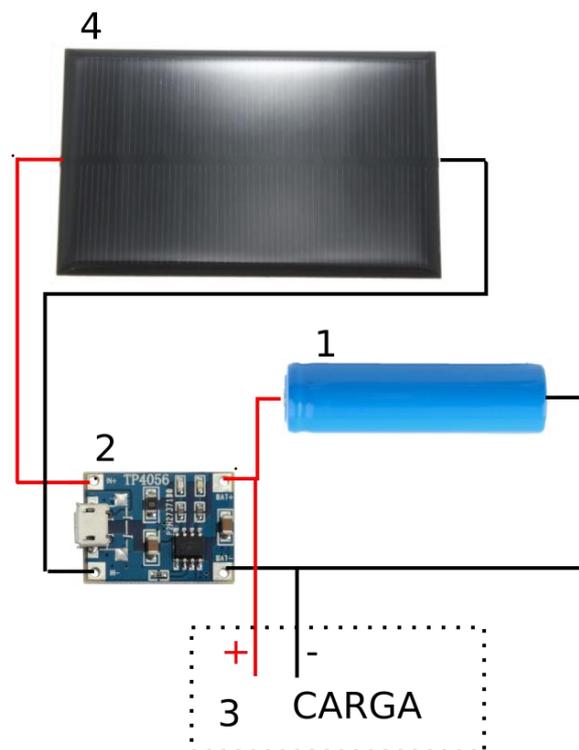


Figura 7: Organização do sistema de alimentação da estação agrometeorológica.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

A Figura 8 apresenta a visão interna da estação experimental, produto final.



Figura 8: Visão interna da estação experimental, produto final.
Fonte: Desenvolvido pelo autor (2016).

O Quadro 12 apresenta a descrição dos componentes do sistema de alimentação da estação agrometeorológica.

Quadro 12: Descrição dos componentes do sistema de alimentação da estação agrometeorológica.

ITEM	DESCRIÇÃO	FUNCIONALIDADE
1	Bateria Lítio 3.7 Volts 4400 mA.	Bateria que alimenta o circuito na ausência da alimentação do painel solar
2	Controlador de carga da bateria de Lítio modelo TP4056	Regular a tensão de entrada oriunda do painel solar e carregar a bateria do circuito
3	Carga de consumo do circuito (Alimentação da Placa eletrônica)	Carga de consumo do circuito.
4	Painel Solar 6 Volts / 600 mA.	Gerar energia elétrica para o circuito

Fonte: Organizado pelo autor (2016).

3.2. PROJETO LÓGICO DESENVOLVIDO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA ESTAÇÃO AGROMETEOROLÓGICA

Para o efetivo funcionamento da estação agrometeorológica, os dados coletados via sensores precisam ser armazenados para posterior tratamento e cálculos da aplicação específica. Optou-se pelo emprego da tecnologia webservices para a comunicação entre o dispositivo mobile e o servidor de dados.

O webservice foi criado empregando a linguagem de programação PHP sobre o paradigma orientado a objetos. Além disso, o webservice está vinculado a uma base de dados MySQL.

No protótipo inicial, as leituras aconteciam de hora em hora, armazenadas localmente no celular e em seguida enviadas para um servidor via webservices. Já no produto final são realizadas seis leituras por hora, aos 5min, 15min, 25min, 35min, 45min e 55min e armazenadas localmente. Ao final das seis leituras é realizada a média das leituras de cada sensor e o valor da média enviado para o servidor, também via webservices. Não são calculadas médias de direção do vento e quantidade de chuva. Em relação à quantidade de chuva, o que é enviado ao servidor é o acúmulo de milímetros ocorridos durante a hora. Já sobre a direção do vento, o que é enviado é a direção indicada na última leitura.

A comunicação entre o microcontrolador e o celular acontece através de *bluetooth* via *socket* de dados. O microcontrolador é configurado como um servidor *socket* que envia uma *string* de dados contendo as leituras realizadas pelos diferentes sensores. Essa *string* de dados nada mais é que cada dado de leitura, oriundo do sensor específico, separado por ponto e vírgula. A Figura 9 apresenta um modelo de *string* de dados.

1	2	3	4	5	6
13.23	45	65	5	15	N

Figura 9: Exemplo de *string* formada no microcontrolador.

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

A primeira posição numérica da *string* corresponde ao sensor de temperatura. A segunda posição corresponde ao sensor de umidade, em porcentagem. A terceira posição representa o sensor de umidade de solo, em porcentagem. A quarta posição representa o sensor de quantidade de chuvas, em milímetros. A quinta posição representa o sensor de velocidade de vento, em km/h e a sexta posição representa o sensor de direção de vento. Os valores das leituras são enviados para o servidor onde está instalado um software para cálculo de dormência específico para pessegueiros e videiras.

Para um monitoramento em tempo real das leituras realizadas pela estação um aplicativo mobile foi desenvolvido, empregando a linguagem de programação Java. Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizada a IDE (Interface de Desenvolvimento Integrada) Eclipse Kepler, aliada a API SDK do Android, uma biblioteca específica para desenvolvimento em sistema operacional Android. Essa biblioteca possui os componentes necessários para criação de aplicativos para dispositivos como celulares e *tablets* que utilizem o sistema operacional Android.

A Figura 10 apresenta a tela principal do aplicativo mobile desenvolvido.



Figura 10: Tela principal do aplicativo mobile desenvolvido.
Fonte: Desenvolvido pelo autor (2016).

A aplicação desenvolvida para o dispositivo móvel, utilizada para a transmissão dos dados capturados apresentou o problema de parada no envio de dados. Testes mostraram que esse problema aconteceu devido a atualização automática do sistema operacional Android do dispositivo. O problema foi resolvido com a intervenção humana para desativar este serviço no dispositivo móvel. A transmissão de dados da estação instalada na cidade de Ponta Grossa também sofreu com a má qualidade do sinal recebido da operadora de telefonia celular. Não sendo adequado o sinal, por alguns momentos os dados não eram enviados a cada hora. Devido aos dados serem salvos localmente no dispositivo móvel, os dados não foram perdidos e com a estabilização do sinal da internet os mesmos eram replicados ao servidor remoto.

3.3. APLICAÇÃO ESPECÍFICA PARA CÁLCULO DE DORMÊNCIA EM PESSEGUEIROS E VIDEIRAS

Os cálculos de dormência realizados pelo software proposto são específicos para pessegueiros e videiras. A opção por estas frutíferas foi feita por ser possível o monitoramento de exemplares nas cidades de Guarapuava – PR e Ponta Grossa – PR.

Para o cálculo de dormência em pessegueiros e videiras foi desenvolvida uma aplicação específica, para ambiente web, evitando assim a necessidade de instalação de recursos na máquina do usuário.

Inicialmente a tecnologia empregada foi Java com JSP (*JavaServer Pages*) e JSF (*JavaServer Faces*) implementadas pelo framework *PrimeFaces*. Optou-se por este framework devido as funcionalidades empregadas por ele que reescreve os componentes nativos do HTML (*HyperText Markup Language*) e a maneira com que os dados são tratados. Também torna o aplicativo/site automaticamente responsivo, ajustando assim os componentes na tela adequadamente, conforme resolução. Aplicando o framework *PrimeFaces* o modelo MVC (*Model, View, Controller*) é implementado, favorecendo ao desenvolvedor separar a camada de apresentação do modelo e controle.

Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizado o ambiente de programação *NetBeans* na versão 7.4. Já o sistema de gerenciamento de banco de dados utilizado foi o *MySQL Server 5.5* associado ao framework *Hibernate* que age como camada de acesso aos dados convertendo as tabelas e relacionamentos da base de dados em classes, e as colunas das tabelas em atributos dos objetos. A base de dados utilizada para a efetivação dos cálculos é a mesma da estação

agrometeorológica, sendo adicionadas algumas tabelas físicas no banco de dados. Ainda, para a funcionalidade real da aplicação fez-se necessário a implementação e a utilização de um servidor de aplicações, neste caso o *Apache TomCat*.

A aplicação oferece a possibilidade de cálculos de dormência. Tais cálculos seguem as especificações dos modelos HF (Horas de Frio), Modelo de Utah, Modelo Carolina do Norte, Modelo de Utah Modificado e Modelo Carolina do Norte Modificado. A resposta da aplicação é um relatório que indica a ocorrência de horas de frio, conforme o modelo selecionado. Essa informação possibilita a tomada de decisão relacionada a aplicação de produtos para a quebra de dormência, ou não.

A Figura 11 apresenta um trecho de código-fonte da aplicação específica, especificamente para o cálculo de dormência conforme o modelo matemático Utah Modificado. Já a Figura 12 apresenta um trecho de código da aplicação específica, especificamente para o cálculo de dormência conforme o modelo Horas de Frio.

```
if (t.getTemperatura() < 1.4) {  
    leitura = 0;  
}  
else if (t.getTemperatura() >= 1.4 & t.getTemperatura() <= 2.4) {  
    leitura = 0.5;  
}  
else if (t.getTemperatura() >= 2.5 & t.getTemperatura() <= 9.1) {  
    leitura = 1;  
}  
else if (t.getTemperatura() >= 9.2 & t.getTemperatura() <= 12.4) {  
    leitura = 0.5;  
}  
else if (t.getTemperatura() >= 12.5 & t.getTemperatura() <= 15.9) {  
    leitura = 0;  
}  
else if (t.getTemperatura() >= 16 & t.getTemperatura() < 18) {  
    leitura = -0.5;  
}  
else if (t.getTemperatura() >= 18) {  
    leitura = -1;  
}
```

Figura 11: Trecho de código-fonte da aplicação específica, modelo matemático Utah Modificado

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

```
for (int i = 0; i < count.size(); i++) {
    horas++;
}
s.getTransaction().commit();
s.close();
calculo.setHoras(horas);
if (calculo.getEspecie().getHorasFrioNecessario() > horas) {
    this.suficiencia = "Insuficiente";
}
if (calculo.getEspecie().getHorasFrioNecessario() <= horas) {
    this.suficiencia = "Suficiente";
}
}
```

Figura 12: Trecho de código-fonte da aplicação específica, modelo matemático Horas de Frio
Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

4. RESULTADOS

Para que a aplicação específica para cálculo de período de dormência gere resultados consistentes é fundamental que a estação agrometeorológica colete dados de forma precisa. Para comprovar que tal estação obtém dados efetivos, os dados por ela coletados foram comparados a dados coletados por outra estação convencional. Assim, dados coletados pela estação agrometeorológica instalada em Ponta Grossa - PR, nos meses de abril a agosto de 2015, foram comparados a uma estação convencional instalada na mesma cidade, acerca de 1 km, ambas na mesma abrangência de condições meteorológicas locais. A correlação entre os valores obtidos foi realizada através do coeficiente de determinação (R^2) e índice de concordância (d) (Willmont et al., 1985). Quando houve falha na coleta de dados por uma das estações, os dados foram eliminados.

Ao comparar os dados coletados de temperatura e de umidade relativa do ar, obteve-se o coeficiente de determinação de 0,9997 e de 1, respectivamente, considerados bastante satisfatórios.

Em relação aos índices de concordância (d), tanto para temperatura quanto umidade relativa do ar, estes se apresentaram como altos, indicando não haver uma alta dispersão dos dados e uma positiva concordância, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Índice de Concordância (d) aplicado aos dados coletados em diferentes estações.

ÍNDICE DE CONCORDÂNCIA (d)		
MESES	TEMPERATURA	UMIDADE RELATIVA
ABRIL	0,98538	0,995321
MAIO	0,985805	0,991606
JUNHO	0,990739	0,99545
JULHO	0,987879	0,995351
AGOSTO	0,987933	0,99819

Os dados das análises indicam uma boa correlação entre as estações para as características umidade relativa do ar e temperatura, que demonstraram alto índice de

concordância (d) e alto coeficiente de determinação (R^2). As variações apresentadas podem ser justificadas precisão dos sensores utilizados, salientando que embora as estações estejam em locais próximos, é normal condições climáticas com pequenas variações. Comprovada a efetividade da coleta de dados pela estação acredita-se que os resultados gerados pela aplicação específica serão confiáveis.

No mercado são encontrados diferentes modelos de estações agrometeorológicas. Estações básicas, sem transmissão de dados e possibilidade de exportação de dados de forma manual são encontradas por aproximadamente R\$2.000,00. Estações com transmissão de dados remotos, porém com distância limitada entre 300m e 1.000m, têm seu valor mínimo aproximado em R\$9.000,00. Por utilizar componentes de baixo custo como o microcontrolador Atmel Atmega 328P a estrutura da estação agrometeorológica experimental apresenta-se como de baixo custo em comparação a outras estações que coletam dados climáticos.

Não foram encontrados registros de venda de estações com as funcionalidades apresentadas pela estação experimental proposta, já que esta oferece software para a estimativa de período de dormência e acesso em tempo real das leituras realizadas, a qualquer distância, a partir de conexão com a Internet. Em caso de comercialização da estação agrometeorológica experimental, o software agregado será disponibilizado de forma gratuita, sendo assim, a funcionalidade do cálculo de dormência não incidirá em cobranças ao comprador.

As tecnologias empregadas para funcionamento dos softwares e coleta de dados, servidor de aplicações com suporte a tecnologia webservices, bem como as linguagens PHP e JAVA portaram-se adequadamente realizando suas funções de forma eficaz e permitindo que tanto a transmissão de dados quanto os processamentos necessários fossem satisfatórios.

O servidor de aplicações utilizando o *Apache Tomcat 7* permaneceu estável durante todo o período de utilização, coletando informações das estações de forma precisa, sem paradas, lentidão ou outro problema.

Em relação a aplicação específica para cálculo de dormência de pessegueiros e videiras, o software retorna o resultado do cálculo da estimativa de dormência em tais frutíferas, indicando se a quantidade de frio foi suficiente ou não. A Figura 13 apresenta a tela de resposta do software segundo o Modelo de Utah Modificado.



Figura 13: Tela de resposta do software segundo o Modelo de Utah Modificado
Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

Tendo os dados coletados pelas estações e armazenados adequadamente, a aplicação específica gerou a estimativa do tempo de dormência para pessegueiros e videiras analisadas. A Tabela 5 apresenta os resultados gerados.

Tabela 5: Resultados gerados pela aplicação específica

MODELO	LOCAL	PERÍODO	ACÚMULO DE HORAS
Horas de Frio	Guarapuava	01/06/2015 à 01/09/2015	91.00 horas/frio
Horas de Frio	Ponta Grossa	01/06/2015 à 01/09/2015	44.00 horas/frio
Utah	Guarapuava	01/06/2015 à 01/09/2015	139.5 un./frio
Utah	Ponta Grossa	01/06/2015 à 01/09/2015	-52.00 un./frio

Utah Modificado	Guarapuava	01/06/2015 à 01/09/2015	138.00 un./frio
Utah Modificado	Ponta Grossa	01/06/2015 à 01/09/2015	-53.00 un./frio
Carolina do Norte	Guarapuava	01/06/2015 à 01/09/2015	165.6 un./frio
Carolina do Norte	Ponta Grossa	01/06/2015 à 01/09/2015	42.5 un./frio
Carolina do Norte Modificado	Guarapuava	01/06/2015 à 01/09/2015	100.00 un./frio
Carolina do Norte Modificado	Ponta Grossa	01/06/2015 à 01/09/2015	-79.00 un./frio

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa gerou um equipamento: a estação agrometeorológica experimental, que desempenhou sua função de coleta de dados de umidade relativa e temperatura do ar de forma adequada. Também gerou um software para o cálculo do período de dormência em pessegueiros e videiras o qual retorna relatórios com resultados fundamentados em modelos matemáticos específicos. Este software agregado a estação agrometeorológica torna-a efetivamente de baixo custo para aquisição por parte dos produtores, permitindo a estes verificar se a quantidade de frio foi suficiente ou não e se há a necessidade de aplicação de produtos químicos ou naturais para a quebra do período de dormência.

6. REFERÊNCIAS

- ADAFRUIT. Disponível em <http://www.adafruit.com/>. Acesso em: 15 ago. 2015.
- ARDUINO. Disponível em <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 20 ago. 2016.
- ALVES, E. U.; SADER, R.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, U. A. Dormência e desenvolvimento de sementes de Sabiá (*Mimosa Caesalpinifolia Benth*). **Revista Árvore**. Viçosa. v.28, n.5, p. 655-662. 2004.
- ALMEIDA, G. K. et al. Fenologia e produtividade de cultivares de pessegueiro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. v.13, n.13, p. 255-265. 2014.
- AMORIM, H. S.; DIAS, M. A.; SOARES, V. Sensores digitais de temperatura com tecnologia one-wire: Um exemplo de aplicação didática na área de condução térmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4. 2015.
- ANZANELLO, R.: **Especificidade de modelos para previsão da superação da dormência em frutíferas de clima temperado**. Apresentação de Trabalho. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. UFRGS. Disponível em <http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/userfiles/Anzanello.pdf>. Acesso em 17 ago. 2015.
- ARAÚJO, M. A.: **Web services na informação geográfica**. Departamento de Informática – Escola de Engenharia, Universidade do Minho. Braga. 2015.
- BAMBINI, M. D.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. Mercado de aplicativos móveis (apps) para uso na agricultura. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA. São Carlos. p. 711-714. 2014.
- BANZI, M. Primeiros passos com Arduino. São Paulo: Editora Novatec. 2011.
- BARAZETTI, V. M.; SCCOTI, M. S. V. Quebra de dormência e tipos de substrato para avaliação da qualidade fisiológica de um lote de sementes de bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*). **Unoesc & Ciência** – ACET, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 69-76. 2010.
- BENTO DA SILVA, J. **Monitoramento, aquisição e controle de sinais elétricos, via Web, utilizando microcontroladores**. 2002. Dissertação (Mestrado): Programa de pós-graduação em Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002.
- BIASI, L. A.; CARVALHO, R. I.; ZANETTE, F. Dinâmica da dormência de gemas de videira e quivizeiro em região de baixa ocorrência de frio. **Revista Bras. Frutic**. Jaboticabal. v. 32, n. 4, p. 1244-1249. 2010.
- BORGES, G. A. et al. **Desenvolvimento com microcontroladores Atmel AVR**. Nota Técnica. Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

BORGES, V. P. et al. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p. 74–80. 2010.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MULLER, M. M. L. Unidades de frio e adaptação de plantas frutíferas de clima temperado a diferentes regiões do estado do Paraná. **Revista Scientia Agraria**. p. 1-15. 2006a.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MULLER, M. M. L. Somatória de horas de frio e de unidades de frio em diferentes regiões do Estado do Paraná. **Revista Scientia Agraria**. v.7, n.1-2, p. 89-96. 2006b.

BOTELHO, R. V. et al. Efeito do extrato de alho na quebra de dormência de gemas de videiras e no controle in vitro do agente causal da antracnose (*Elsinoe Ampelina Shear*). **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal, SP. v. 31, n. 1, p. 96-102. 2009.

CARIELO, M. GUIRAUD, M. C.; FONSECA, I. C. B.; ROBERTO, S. R. Fenologia e demanda térmica das videiras “Isabel” e “Rubea” sobre diferentes porta-enxertos na Região Norte do Paraná. **Semina - Ciências Agrárias**. Londrina. v. 29, n. 2, p. 283-292. 2008.

CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; TROIS, C. (2007): Rede de estações meteorológicas automáticas para prover a necessidade de irrigação das culturas. **Taller Internacional: Modernización de Riegos y Uso de Tecnologías de Información**. Setembro, La Paz. 2007.

CASELLA, B. F. **Desenvolvimento de Aplicações web com base em metodologia 3D – módulo Android**. 2012. 42f. Monografia (Graduação). Bacharelado em Ciência da Computação – UNESP, Campus Bauru. 2012.

CITADIN, I. et al. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura** Jaboticabal, SP. v. 24, n. 3, p. 703-706. 2002.

CONTI, G.; WIGGERS, K. L. Aplicativo móvel para controle de silos e colheitas com auxílio na tomada de decisão agrícola, baseado em sistema operacional Android. In: **Anais SULCOMP**, v. 7, n. 1. 2014.

DAMIATI, F. V. F.; CAMARGO, L. F.; CELINSKI, V. G. Avaliação da utilização de um microcontrolador na plataforma arduino na leitura de sensores elétricos para correlação com atributos do solo. In: **CONGRESSO AGROPECUÁRIO INDUSTRIAL E TECNOLÓGICO DO PARANÁ**. Ponta Grossa. 2014.

ELIAS, A. A. et al. ARDWEATHER: Uma estação meteorológica baseada no Arduino e em Web services Restful. In: **XIV SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS**. Julho 20-23, 2014, Cubatão. p. 44-48.2014.

EMBRAPA (2003): Pêssego – Fitossanidade. Embrapa Clima Temperado. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2003.

EREZ, A. (2000): Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. **Kluwer Academic Publishers**, The Netherlands, 2000. p. 17-48.

FERRAZ, R. A. Avaliação de cultivares e épocas de poda para o pessegueiro na região de Botucatu/SP. 2013. 68f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrônômicas. 2013.

FERRAZ, R. C. Desenvolvimento de um Sistema Web para estimativa numérica de dados meteorológicos do Rio Grande do Sul. 2010. 87f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geomática – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2010.

FIETZ, C. R. et al. IRRIWEB: Ferramenta para definir o manejo racional da irrigação por aspersão. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Junho, 24-28. Cuiabá. 2011.

FONTES, R. M. V. **PROMETEO – Ferramenta de Registro de Ocorrências Meteorológicas**. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Software e Sistemas Interactivos - Instituto Politécnico de Castelo Branco, Castelo Branco. 2010.

GALINA, M. H.; VERONA, J. A. Fontes de observações meteorológicas no estado de São Paulo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 2, n. 1, p. 107-118. 2004.

HANSEN, R. P.; PINTO, S. C. C. Construindo ambientes de educação baseados na web através de web services educacionais. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2003.

HAWERROTH, F. J. **Dormência de gemas sob influência da temperatura durante o período hibernar e resposta produtiva da macieira pelo uso de indutores de brotação**. 2009. 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2009.

HELDWEIN, A. B. et al. Horário de ocorrência da temperatura máxima diária do ar em Santa Maria, RS. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari. 2011.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola** – pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro v.29. n.6 p.1-81. 2015.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia: Tempo e Clima**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html. Acesso em 14 ago. 2015.

KAMOGAWA, M. Y. Uso de hardware de código fonte aberto “Arduino” para acionamento de dispositivo solenoide em sistemas de análises em fluxo. In: **Rev. Quim. Nova**, vol 36, nº 8, p. 1232-1235. 2013.

LECHETA, R. R. **Google Android para tablets**: aprenda a desenvolver aplicações para Android: de Smartphones a tablets. São Paulo: Editora Novatec, 2012.

LOPES, C. J.F., RAMALHO, J. C. (2004): **Web Services**: Metodologias de Desenvolvimento. XATA (XML, Aplicações e Tecnologias Relacionadas), Porto. 2004.

LIMA, M. S. Desenvolvimento de uma célula braile de baixo custo usando Arduino. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA. Belo Horizonte. **Anais...** p. 3986 – 3991. 2014.

MARASCHIN, M.; KOLLER, O. C.; SILVA, A. L. Efeito da época de poda e calciocianamida na quebra de dormência e produtividade da videira cv. Niágara Branca, no litoral catarinense. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília. p. 455 –462. 1992.

MILECH, C.; HERTER, F. G.; RASEIRA, M. C. B. Estimativa da necessidade em frio de nove cultivares de pessegueiro utilizando método biológico de Tabuena. In: ENCUESTRO LATINOAMERICANO PRUNUS SIN FRONTERAS. p. 227-230, 2015.

MARODIN, G. A. B.; SARTORI, I. A.; GUERRA, D. S. Efeito da aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral na quebra de dormência e produção do pessegueiro – Framecrest. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal. v. 24, n.2, p. 426-430. 2002.

MONTEIRO JUNIOR, M.; NUNES, R. O.; CELINSKI, V. G. Avaliação da utilização de um microcontrolador na plataforma arduino na leitura de sensores de condutividade eletrolítica do solo de baixo custo. **Revista de Engenharia e Tecnologia.** v4, n.2, p 52-57. 2012.

MOURA, M. S. B.; ANGELOTTI, F. Aspectos agrometeorológicos da cultura da videira. **Revista Sistemas de Produção**, 2 ed. Versão eletrônica: ISSN1807-0027.2010.

NARECHANIA, A. KisanVikas – Android Based ICT Solution in Indian Agriculture to Assist Farmers. PROCEEDINGS OF THE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE, FOOD AND ENVIRONMENT. Kavala. p. 17 – 20. 2015.

NAVA, G. A.; MARODIN, G. A. B.; SANTOS, R. P. Reprodução do pessegueiro: efeito genético, ambiental e de manejo das plantas. **Rev. Bras. Frutic.**,Jaboticabal. v. 31, n. 4, p. 1218-1233. 2009.

NOGUEIRA, R. J. S. G. **Framework para desenvolvimento de aplicações orientadas à agricultura de precisão baseadas em redes de sensores e atuadores sem fios.** 2014. 87f. Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado Integrado em Engenharia, Informática e Computação – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. 2014.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C.; CARVALHO, R. I. N. Dinâmica da dormência em gemas de pessegueiros das variedades Eldorado e Ágata. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais.** Curitiba. v.1, n.3, p. 41-46. 2003.

OLIVEIRA JR, J. I. et al. Integração da linguagem R em Sistemas de Monitoramento Agrometeorológico visando a simulação. In: I X CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA. Outubro 21-25, 2013. Cuiabá. 2013.

PACHECO JUNIOR, M. A.; CASTRO, R.O. **Um estudo de caso da plataforma Android com Interfaces Adaptativas**. 2011.

PEREIRA FILHO, A. J. Chuvas de verão e as enchentes na grande São Paulo: el niño, brisa marítima e ilha de calor. CONGRESSO BRASILEIRO DEMETEOROLOGIA. p. 1391-1398. 2000.

PEREIRA, L. M. P. et al. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estação convencional e automática em Londrina. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 299-306. 2008.

PERUSSI, G. P. G. **Quebra de dormência de macieiras com uso de alho em Guarapuava – PR**. 2009. 60f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Universidade Estadual do Centro-Oeste. Guarapuava. 2009.

PETRI, J. L. et al. Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado. Florianópolis: EPAGRI – **Boletim Técnico** 75. 110 p. 1996.

POLTRONIERI, A. S.; MONTEIRO, L. B.; SHUBER, J. M. Prospecção da diapausa da mariposa-oriental no período de dormência do pessegueiro. **Scientia Agraria**, Curitiba. v.9, n.1, p. 67-72. 2008.

PRESTES, J. P. M. et al. Web Service para previsão de tempo e clima através de dados Georreferenciados. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**. Passo Fundo. v.3, n. 2, p. 2-16. 2011.

RÉQUIA, G. H. **Desenvolvimento de aplicativos CR Campeiro MóBILE** –Caso de teste: Sistema Operacional Android. 2013. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. 2013.

RIBEIRO, A. P. et al. Avaliação de temperatura e umidade utilizando sensor DHT22 controlado por Arduino. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Foz do Iguaçu. 2016.

RICCE, W. S.; CARVALHO, S. L. C.; CARAMORI, P. H.; ROBERTO, S. R. Zoneamento agroclimático da cultura da videira no Estado do Paraná. **Semina – Ciências Agrárias**. Londrina. v. 35, n. 4, suplemento, p. 2327-2336. 2014.

RODRIGUES, A. A. et al. Desenvolvimento de módulo controlador para sistemas de irrigação com interface android-bluetooth. In: XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. Campo Grande. 2014.

ROJAS-MARTINEZ, R. et al. Wintree: a computer program for calculating chill and anthesis units used in modelling fruit tree phenology. In: V

INTERNATIONALSYMPOSIUM ON COMPUTER MODELLING IN FRUIT RESEARCH AND ORCHARD MANAGEMENT499. p. 245-252.1998.

SANTOS, C. E. et al. Caracterização da fenologia e da demanda térmica das videiras. **Acta Sci. Agron.** Maringá. v. 29, n. 3, p. 361-366. 2007.

SATO, A.J.; SILVA, B.J. da; SANTOS, C.E. dos; BERTOLUCCI, R.; SANTOS, R. dos; CARIELO, M.; GUIRAUD, C.; FONSECA, I.C. de; ROBERTO, S.R. Características físico-químicas e produtivas das uvas 'Isabel' e 'BRS-Rúbea' sobre diferentes porta-enxertos na região norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.553-556, 2008.

SCARPARE, F. V. et al. Graus-dia relacionado com o crescimento de ramos da videira Niagara Rosada. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. Aracaju. 2007.

SCOZ, K. C. Sistema de Informação para gerenciamento de dados meteorológicos. 2008. 62f. Monografia (Graduação). Bacharelado em Sistemas de Informação. Universidade do Planalto Catarinense. Lages. 2008.

SILVA FILHO, A. M. et al. Desenvolvimento de kits didáticos para aprendizado da automação. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Setembro, 3-6. Belém. 2012.

SILVA, J. L.; PADILHA, L. F. O. **Estação meteorológica para regiões remotas.** 2011. 46f. Monografia (Graduação). Engenharia da Computação – Universidade Positivo. Curitiba. 2011.

SOUZA SEGUNDO, M. A.; LINS, F. A. A.; MEDEIROS, R. W. A. Mecanismos de Segurança em Web Services: uma visão comparativa. In: XIII JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Recife. 2013.

STRASSBURGER, A. S. et al. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.2, p. 273 – 278. 2011.

SUSNIK, A.; MATAJC, I.; KODRIC, I. Agrometeorological support of fruit production: application in SW Slovenia. **Meteorol. Appl.** (Supplement). 81 – 86 p. 2006.

SZILÁGYI, R.; TÓTH, M. Development of an open source agricultural mobile data collector system. In: **Journal of Agricultural Informatics**. Vol. 6, nº 2. p. 54 - 61. 2015.

TERAMOTO, E. T.; CARVALHO, L. G.; DANTAS, A. A. A. Comparação entre valores de temperatura média do ar de estação convencional com valores obtidos em estação automática e análise de equações para estimativas de médias da temperatura do ar em Lavras. **Ciênc. Agrotec.** Edição Especial. Lavras. p. 1798 – 1803. 2009.

VILLALBA, E.S. et al. Agroduíno – Central de controle de estufas de baixo custo utilizando a plataforma Arduino. In: **Computer on the Beach 2015**. Florianópolis. p. 548-549. 2015.

WEINBERGER, J.H. Chilling requirements of peach varieties. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 56, p. 122-128. 1950.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. **Statistics for evaluation and comparisons of models**. Journal of Geophysical Research, Ottawa, v.90, n.C5. p.8995-9005, 1985.

Apêndice A - Diagrama eletrônico do protótipo inicial da estação agrometeorológica.
 Fonte: Elaborado pelo autor (2016).

