

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA
DE MONITORAMENTO DO ACÚMULO
TÉRMICO NA FENOLOGIA DE
CULTURAS ATRAVÉS DO MÉTODO DE
GRAUS-DIA**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Francisco Tiago Machado de Avelar

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO ACÚMULO TÉRMICO NA
FENOLOGIA DE CULTURAS ATRAVÉS DO MÉTODO
DE GRAUS-DIA**

por

Francisco Tiago Machado de Avelar

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Ciência da Computação
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação

Orientador: Prof^a Dr^a Iara Augustin

Co-orientador: Prof. Msc. João Carlos Damasceno Lima

**Trabalho de Graduação N^o289
Santa Maria, RS, Brasil**

2010

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Curso de Ciência da Computação**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Graduação

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
MONITORAMENTO DO ACÚMULO TÉRMICO NA
FENOLOGIA DE CULTURAS ATRAVÉS DO MÉTODO DE
GRAUS-DIA**

elaborado por
Francisco Tiago Machado de Avelar

como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a Dr^a Iara Augustin
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Benhur de Oliveira Stein (UFSM)

Prof. Dr. Raul Ceretta Nunes (UFSM)

Santa Maria, 7 de janeiro de 2010.

AGRADECIMENTOS

Não estaria completo este trabalho caso não existisse um espaço no qual fosse possível dedicar algumas palavras pessoais de gratidão. Afinal, o resultado alcançado não foi unicamente mérito do formando, apesar de sermos o protagonista do encerramento dessa etapa vivenciada como aluno de graduação.

Na realidade a caminhada iniciou ao ingressar na faculdade, sendo que devo meu primeiro agradecimento a Deus por sempre me trazer força de espírito e ajuda nos momentos necessários. Acredito na existência divina, pois a ciência ainda não é capaz de explicar muitas das criações e acontecimentos da vida. Além disso, concentrados em nós mesmos, precisamos crer que estamos sendo ajudados para seguir adiante.

Deus criou a pessoa de modo abstrato, a partir do qual definiu cada integrante de maneira especializada e estruturada. Na minha família, tenho a minha mãe como sendo a instância principal, pois, diante de tantas funções que ela desempenhou, tratando meus erros e estipulando exceções, ela soube sempre me incentivar a crescer. Além disso, existe meu grande irmão e aliado, o qual sempre está sempre do meu lado, apesar das condições de corrida quando queríamos disputar a atenção da mãe ou então ter o melhor brinquedo. Contudo, ela sempre vinha para estabelecer uma sincronização de modo a manter uma colaboração mútua, embora tenha realizado diversas repetições para chamar a atenção e sempre lembrar para eu cuidar do irmão. Existe a minha namorada, instância muito especial a qual está incluída na minha linha de vida, pois foi de muitas trocas de mensagens que veio a fazer composição de meu cenário presente e futuro. Através dela, tenho pessoas que posso contar sempre, como meu sogro com o bom humor para resolver qualquer questão, assim como a minha sogra disposta a auxiliar em todas as situações. São pessoas que devo ter como exemplo, pois, apesar dos tempos mais difíceis, estiveram sempre unidos vencendo qualquer dificuldade. Não posso deixar de incluir a instância do meu padrasto, sendo que prefiro mais me referir como sendo meu pai, pois considero o primeiro nome um tanto pejorativo. É quem também desempenha a tarefa de incentivador. Está sempre disposto a criar novas idéias e possui grande bondade e paciência.

Em se tratando do corpo docente do curso de Ciência da Computação, diversas instâncias fizeram parte do meu contexto. São os quais testaram meus conhecimentos, depuraram meus erros e se empenharam em transmitir o próprio saber, para assim eu agregar mais métodos na minha vida profissional. Não posso deixar de mencionar a equipe do Sistema Irriga, principalmente ao professor Reimar Carlesso, os quais sempre estiveram dispostos a esclarecer minhas dúvidas, proporem desafios e terem sido sempre cordiais.

Eu gostaria me agradecer sinceramente a todos. Caso fosse possível, eu mandaria em *broadcast* uma mensagem de agradecimento para que soubessem que contribuíram de alguma forma na minha vida. Especialmente eu agradeço minha família por sempre estar ao meu lado, minha namorada por sempre me compreender nos momentos em que estive

ausente para cumprimento das tarefas da faculdade.

Minha expectativa é que a nova etapa que está por iniciar tenha ótimas realizações. Nos momentos de dificuldade, sei que há pessoas que me ajudarão. Por outro lado, nas realizações quero dividir o sentimento de alegria para que possam saber o quanto fazem parte do meu caminho.

Qualquer dificuldade que eu tenha tido para escrita desse trabalho, assim como deficiência em alguma abordagem para resolver algum problema, eu espero melhorar para eu ser um profissional eficiente. Apesar das minhas limitações pessoais e técnicas, creio que seja importante o esforço que eu possa empregar na tentativa de resolver qualquer questão que seja atribuída a mim.

*“De tudo ficaram três coisas:
a certeza de que estamos sempre a começar,
a certeza de que é preciso continuar, e
a certeza de que seremos interrompidos antes de terminar.
Portanto, devemos fazer da interrupção um caminho novo, da queda um passo
de dança, do medo uma escada, do sonho uma ponte, da procura um encontro”.*

— FERNANDO SABINO

RESUMO

Trabalho de Graduação
Curso de Ciência da Computação
Universidade Federal de Santa Maria

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO ACÚMULO TÉRMICO NA FENOLOGIA DE CULTURAS ATRAVÉS DO MÉTODO DE GRAUS-DIA

Autor: Francisco Tiago Machado de Avelar

Orientador: Prof^a Dr^a Iara Augustin

Co-orientador: Prof. Msc. João Carlos Damasceno Lima

Local e data da defesa: Santa Maria, 7 de janeiro de 2010.

A temperatura ambiente exerce ação direta no desenvolvimento vegetal, sendo a melhor medida do tempo biológico ao invés dos dias do calendário civil. Em razão disso, existe um relacionamento entre a taxa de desenvolvimento e a incidência de energia térmica em uma cultura. O método de graus-dia baseia-se na premissa de que, para completarem cada subperíodo do desenvolvimento, as plantas necessitam de um somatório térmico acumulado, com o valor dentro de um limite de temperatura-base, para cada vegetal, abaixo da qual os processos metabólicos são estabilizados ou paralisados. Em função disso, o acúmulo térmico representa um parâmetro de quantificação por meio da temperatura ambiente para análise do desenvolvimento de uma cultura. Desse modo, é possível interpretar numericamente os estádios de desenvolvimento de uma planta, a partir de valores-limite particulares de uma cultura, que determinam as mudanças e duração dos estádios, envolvendo dessa forma todo o ciclo de desenvolvimento vegetal. A geração de culturas híbridas é um campo de constante pesquisa. No âmbito da agronomia, a maior diversidade genética favorece a criação de sementes mais produtivas e com maior resistência a condições adversas. A sincronização do florescimentos dos parentais é fundamental para o processo de produção de sementes híbridas. Sendo assim, o acompanhamento do desenvolvimento de uma cultura através do método de graus-dia é a abordagem para definir quando deve ser semeado cada parental, em nível de campo, para que os períodos de florescimento entre plantas genitoras (macho e fêmea) ocorram ao mesmo tempo. O presente trabalho propõe um serviço na web responsável pela análise, controle e previsão dos valores de graus-dia relativos a uma cultura integrado a uma base de dados contendo registros de valores térmicos transmitidos a partir de estações meteorológicas dispostas próximas aos locais de plantio.

Palavras-chave: Graus-dia, cultura, semeadura, desenvolvimento, serviço web.

ABSTRACT

Undergraduate Final Work
Undergraduate Program in Computer Science
Federal University of Santa Maria

DEVELOPMENT OF A MONITORING SYSTEM OF THE THERMAL ACCUMULATION IN PHENOLOGY OF CROPS THROUGH THE DEGREE-DAY METHOD

Author: Francisco Tiago Machado de Avelar

Advisor: Prof^a Dr^a Iara Augustin

Coadvisor: Prof. Msc. João Carlos Damasceno Lima

The environment temperature has direct influence in plant development, thus it is a better measure to biological time instead of days in civil calendar. For this reason, there is a relationship between development rate and the incidence of termic energy in crops. The degree-days method is based on the concept that, considering the fulfillment of each stage of development, plants require an accumulated heat sum, with values into a limit of base temperature, for each crop, under of that the metabolic process are established or paralyzed. As a result, the heat sum represents a measurement parameter by the environment temperature for analysis of crop development. For this way, it is possible to numerically evaluate the stages of crop growth from its thresholds, which determine changes and stage duration, thus covering the whole cycle of plant development. The hybrid culture generation is a field of constant research. In agronomy, a greater genetic diversity leads for the creation of more productive seeds and with more resistance to adverse conditions. The synchronization of flowering parents is essential for the process of hybrid seeds. Thus, the monitoring of crop development by the degree-day method is the approach to define when it should be sown each parent, in field level, for the period of flowering parent plants (male and female) occurs at the same time. This work intends to propose a web service responsible for analysis, handling and the forecast of degree-day values referring crops integrated to a data base with stored records of termic values transmitted from meteorologic stations deployed near to the site of plantation.

Keywords: degre-day, crop, sowing, development, web service.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Formulário para consulta da soma térmica (SISTEMA IRRIGA, 2009).	22
Figura 2.2 – Coleta e transmissão de dados meteorológicos de uma PCD (CARLESSO; PETRY; TROIS, 2007).	23
Figura 3.1 – Unidade de Cruz Alta - RS com quatro estações meteorológicas (SISTEMA IRRIGA, 2009).	29
Figura 3.2 – Exemplo de uma disposição espacial das PCDs especificando os tipos, distâncias, altitude e precisão.	30
Figura 3.3 – Diagrama de fluxo de dados de “nível zero” para a soma térmica atual.	31
Figura 3.4 – Diagrama de fluxo de dados de “nível um” para a soma térmica atual detalhando o diagrama da figura 3.3.	32
Figura 3.5 – Diagrama de transição de estados para o produtor.	36
Figura 3.6 – Diagrama de transição de estados para ativação do pivô.	36
Figura 3.7 – Diagrama de transição de estados para a situação de uma configuração de soma térmica.	38
Figura 3.8 – Diagrama de transição de estados para do cadastramento dos dados de plantio.	39
Figura 3.9 – Diagrama de transição de estados para a seleção das PCDs de amostragem do cálculo de modo independente.	41
Figura 3.10 – Diagrama de transição de estados para o cálculo da soma térmica.	43
Figura 3.11 – Diagrama de transição de estados para a apresentação dos resultados.	45
Figura 3.12 – Diagrama de transição de estados para a previsão de eventos fenológicos.	47
Figura 3.13 – Diagrama de transição de estados para exibição do gráfico da curva de crescimento vegetal efetivo de acordo com o acúmulo térmico em função do tempo.	48
Figura 3.14 – Diagrama de sequência para o sistema da soma térmica proposto.	51
Figura 3.15 – Dependência das rotinas da soma térmica para o sistema proposto devido a requisição de dados.	53
Figura 4.1 – Modelo entidade relacionamento tendo as tabelas do Sistema Irriga delimitadas pela região correspondente. As tabelas da solução proposta estão na região delimitada por soma térmica.	56
Figura 4.2 – Definição do <i>crontab</i> para o encerramento automático de uma configuração e a execução do cálculo da soma térmica.	58
Figura 4.3 – Esquema da URL para requisição via GET para busca do <i>feed</i> da previsão meteorológica.	59

Figura 4.4 – Esquema de gerenciamento dos dados utilizados para previsão fenológica.	59
Figura 4.5 – Definição do <i>crontab</i> para a captura automática dos dados de previsão do tempo pela Internet.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Soma térmica de parentais do milho (STORCK et al., 2009).	26
Tabela 3.1 – Comparação entre os sistemas da soma térmica.	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
URL	Uniform Resource Locator
MER	Modelo Entidade Relacionamento
DTE	Diagrama de Transição de Estados
GNU	GNU is not Unix
GD	Graus-Dia
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
XML	eXtensible Markup Language
JPEG	Joint Photographic Experts Group
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics
RSS	Really Simple Syndication
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	CONTEXTUALIZAÇÃO E TECNOLOGIA	17
2.1	Conceitos em ciências agrárias	17
2.1.1	Fenologia de culturas	17
2.1.2	Idade fisiológica através da soma térmica	19
2.1.3	Método de graus-dia	20
2.2	Base tecnológica de implementação	21
2.2.1	Sistema Irriga®	21
2.2.2	Coleta e interpretação de dados meteorológicos	23
2.2.3	Monitoramento fenológico e sincronia de parentais	25
2.2.4	Sistema referencial para acompanhamento do acúmulo térmico	26
3	PROPOSTA PARA O SISTEMA DE MONITORAMENTO TÉRMICO ...	28
3.1	Sistema existente para a soma térmica	28
3.1.1	Organização lógica e operacional atual	28
3.1.2	Relatório de monitoramento térmico	33
3.2	Proposta para a nova versão do sistema da soma térmica	33
3.2.1	Objetivos do trabalho	34
3.2.2	Uso do pivô referencial para a área de plantio	35
3.2.3	Escolha do sistema de plantio	37
3.2.4	Cadastramento do plantio	37
3.2.5	Seleção das PCDs independente da unidade de agrupamento	39
3.2.6	Execução e gerenciamento do cálculo da soma térmica	41
3.2.7	Apresentação dos resultados	45
3.2.8	Previsão de evento fenológico	46
3.2.9	Gráfico da relação entre data e graus-dia	48
3.3	Diagrama de sequência para a solução proposta da soma térmica	49
3.4	Comparação entre os sistemas	53
4	DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO	55
4.1	Estado atual	55
4.1.1	Modelagem do sistema	55
4.1.2	Agendamento do cálculo da soma térmica	57
4.2	Detalhes da previsão fenológica	58
4.3	Log para rastreamento de modificações no sistema	60
4.4	Leiaute das telas	61

5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	62
	REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE A	EMISSÃO DE RELATÓRIOS DA SOMA TÉRMICA EXIS- TENTE	67
APÊNDICE B	ASPECTO GRÁFICO DO SERVIÇO DE SOMA TÉRMICA IMPLEMENTADO	70
APÊNDICE C	XML DE REQUISIÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA	77

1 INTRODUÇÃO

A agricultura passa por um processo de avanço tecnológico, na qual a utilização de informações relacionadas ao clima, tempo, condições de manejo de solo e manejo das culturas estão se tornando cada vez mais fundamentais para o produtor rural. As recentes inovações na eletrônica têm favorecido diversas áreas, incluindo a meteorologia e a agricultura, tornando possível o monitoramento automático de vários processos, em tempo real, com grande precisão, tanto no processo de medida como na utilização.

A possibilidade de prever algumas fases do desenvolvimento de uma cultura é determinante para a tomada de decisões, a fim de reduzir os riscos e incertezas da atividade agrícola. Sendo assim, a temperatura ambiente tem sido considerada como sendo um dos elementos climáticos mais relevantes na determinação dos estádios de desenvolvimento das plantas. Desse modo, é o fator de influência nos processos fisiológicos em cada período do ciclo vegetal.

Para que a planta inicie um novo estágio de desenvolvimento, existe um valor de acúmulo térmico individual. A determinação desses valores depende da fenologia particular de cada planta e inclusive sofre modificações entre variantes híbridas de uma mesma espécie. O acúmulo térmico, também conhecido por exigência térmica, é alcançado pela incidência de energia solar em uma cultura de acordo com o tempo.

A geração de sementes híbridas permite a descoberta de novas propriedades fenológicas, assim como demais considerações a nível de campo, como a resistência às condições adversas e rendimento agrícola. O conhecimento das exigências térmicas dos parentais¹ de uma cultura é a premissa para a determinação da data de plantio individualizada. Desse modo, o objetivo é que exista uma sincronização do florescimento dos parentais para o

¹Termo consagrado pelo geneticista Gregor Johann Mendel, uma geração parental, também denominada geração de pais, são as entidades participantes na experimentação de cruzamento genético. O resultado são descendentes híbridos com características genéticas combinadas a partir das quais são presentes nos pais.

processo de produção de sementes híbridas.

Com base nos estudos envolvendo a determinação do valor de acúmulo térmico associado a cada tipo de cultura, é possível otimizar a determinação da data mais adequada de semeadura com a previsão da duração do ciclo da planta em função dos fatores ambientais. Para tanto, o método de graus-dia oferece uma abordagem de cálculo de valores a partir da temperatura ambiente para o acompanhamento do desenvolvimento vegetal.

O propósito deste trabalho é a criação de um serviço web para monitoramento dos valores de temperatura ambiente para o plantio de culturas. A partir de uma base de dados contendo valores diários de temperatura e precisão de leitura, o objetivo é calcular a incidência térmica efetiva no desenvolvimento da planta através do modelo matemático de soma térmica. Os valores resultantes representam um acúmulo térmico analisado entre um período de tempo. A partir disso, é possível comparar o desenvolvimento da planta e inclusive determinar antecipadamente a data de semeadura dos genitores para gerar sementes híbridas.

Por fim, de modo a estruturar o texto, o capítulo 2 apresenta os conceitos envolvidos de fenologia e define o método de graus-dia, além da apresentação da tecnologia empregada para construção do serviço web. O capítulo 3 contém a proposta do serviço web para monitoramento no desenvolvimento de culturas através do método de graus-dia, detalhando os objetivos e a abordagem adotada para cumprimento dos requisitos de funcionamento. O capítulo 4 apresenta o resultado no desenvolvimento da solução contendo a descrição dos problemas encontrados e as soluções utilizadas. Por fim, o capítulo 5 encerra o trabalho contendo a conclusão e uma projeção de possíveis trabalhos relacionados.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO E TECNOLOGIA

Este capítulo destina-se a definição dos conceitos comumente tratados nas ciências agrárias, os quais são abordados neste trabalho. Através da apresentação dessas definições, será possível ter a devida compreensão dos fundamentos utilizados na concepção do sistema computacional proposto. Além disso, as tecnologias web empregadas são descritas para oferecer um panorama tecnológico e computacional, assim como apresentar a base de implementação inicial.

2.1 Conceitos em ciências agrárias

Desde que o computador se tornou uma ferramenta importante em diversas áreas do conhecimento e na execução de muitas atividades, a interdisciplinaridade é uma das principais características da Ciência da Computação.

O correto entendimento do problema é uma das etapas essenciais para o desenvolvimento de *software* bem sucedido. Para tanto, é necessário apresentar importantes definições utilizadas nas ciências agrárias para adquirir plena compreensão do contexto aplicado a solução computacional deste trabalho.

2.1.1 Fenologia de culturas

Fenologia refere-se ao segmento da Botânica responsável pelo estudo das diferentes fases do desenvolvimento das plantas, tais como germinação, emergência, crescimento e desenvolvimento vegetativos, florescimento e frutificação, maturação, marcando-lhes as épocas de ocorrência e as respectivas características (CÂMARA, 1998).

O conhecimento das propriedades fenológicas de uma espécie de expressão econômica constitui-se em uma ferramenta eficaz de manejo, uma vez que possibilita identificar, por

meio da observação dos caracteres morfológicos¹ da planta, seu momento fisiológico², ao qual se encontra associada a uma série de necessidades por parte do vegetal. Tais necessidades, uma vez sendo atendidas, possibilitarão o normal desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, bons rendimentos.

A importância do estudo sobre a Fenologia de uma determinada espécie reside nos seguintes fatos principais:

- permite identificar e compreender as relações entre a planta e o ambiente. As exigências e respostas de uma planta a determinados fatores do ambiente podem variar de acordo com o tipo de cultura, porém, a ação do ambiente não é a mesma durante os diversos estádios de desenvolvimento da planta;
- possibilita a identificação e/ou tomada de decisões quanto ao sistema de produção adotado, aptidão climática, práticas culturais, aplicação de insumos, momento e métodos adequados para a colheita;
- estabelece relações entre elementos fisiológicos e climáticos, além de ajuda a prevenção de fitopatologias³ e avaliação das técnicas de cultivo, com o objetivo de maximizar o desempenho das plantas cultivadas;
- serve de base para a identificação de respostas às diferentes práticas de cultivo, que é função da interação “genótipo x época da aplicação” e da capacidade de recuperação a injúrias (físicas, químicas ou biológicas).

Quando se acompanha a fenologia de uma determinada espécie considera-se, principalmente, a “idade fisiológica” e não apenas a “idade cronológica”. Esta última apresenta melhor nível de precisão quando as condições ambientais e de manejo são favoráveis ao crescimento da cultura. Entretanto, se algum fator atrasar ou adiantar o desenvolvimento de uma planta, a observação de uma determinada fase fisiológica, como, por exemplo, a abertura da primeira flor, poderá ocorrer antes ou depois do tempo esperado.

Portanto, os parâmetros utilizados para identificar os estádios de desenvolvimento devem considerar a influência dos fatores que afetam o comportamento da planta, principalmente relacionado ao ambiente.

¹Em se tratando das plantas, os caracteres morfológicos podem ser exemplificados como sendo a altura, área foliar, etc.

²Definido como as características associadas ao desenvolvimento da planta.

³A Fitopatologia, ou patologia vegetal, é a ciência que estuda as doenças das plantas.

2.1.2 Idade fisiológica através da soma térmica

É comum observarmos o desenvolvimento dos seres vivos através da sucessão do tempo. O ciclo de vida descrito como nascer, crescer, reproduzir, envelhecer e morrer é interpretado sob a óptica do tempo transcorrido. Em função disso, a idade cronológica passa a ser uma noção intuitiva a qual adotamos na maioria dos casos. Em contrapartida, existem situações em que o tempo não é o elemento que oferece a melhor maneira de observação no desenvolvimento de uma entidade viva.

Em se tratando das plantas, se as condições ambientais, como temperatura e chuva, forem constantes e uniformemente distribuídas, então a exceção do tempo como parâmetro de observação poder ser adotada. Entretanto, os fatores climáticos representam uma dinâmica complexa e, mesmo com a tecnologia empregada na previsão do tempo, a meteorologia ainda apresenta margem de erro nos modelos matemáticos de prognóstico, o qual é diretamente proporcional ao período estimado.

Em função dos eventos que ocorrem ao longo do ciclo de desenvolvimento de uma cultura, é possível estabelecer estádios caracterizados por alterações morfológicas provocadas principalmente pelo ambiente. A duração das fases fenológicas de uma cultura, avaliada pelo número de dias, varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações climáticas, como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo (COSTA, 1994).

O ciclo de desenvolvimento, avaliado pelo número de dias, tem demonstrado inconsistência na maioria das culturas. Isso se deve ao fato de que a duração de subperíodos e ciclos da planta estão associados às variações das condições ambientais e não à escala de tempo. A temperatura tem-se apresentado como o elemento climático mais importante para prever os eventos fenológicos da cultura. A utilização da temperatura média do ar, numa escala diária, é uma boa estimativa indireta da quantidade de energia química metabólica produzida pelo material genético (GADIOLI et al., 2000).

Existem vários métodos de estudos relacionando as interações clima-planta, estando em destaque os que levam em consideração as unidades de calor necessárias para completar os distintos subperíodos do ciclo da planta (DUARTE et al., 2001). A interpretação da idade fisiológica de uma planta leva em consideração fundamentalmente a temperatura do ar como parâmetro significativo. A soma térmica considera que, para completarem um subperíodo do desenvolvimento, as plantas necessitam de um acúmulo de energia tér-

mica. Cada etapa fenológica contém uma soma térmica associada, também conhecida como exigência térmica. Uma vez tendo sido atingido o somatório, uma nova etapa de desenvolvimento é iniciada. Através de experimentos de campo, as constantes fenológicas são determinadas estatisticamente realizando medições da temperatura ambiente. Os valores são individuais para cada cultura inclusive entre híbridos de uma mesma espécie (ALONSO et al., 2007).

2.1.3 Método de graus-dia

Embora tendo conhecido a importância da temperatura ambiente para a soma térmica, a planta somente reage ao estímulo térmico de acordo com certos limites. As oscilações meteorológicas ao longo do ciclo da cultura e as variações interanuais podem diminuir a produção ou até mesmo inibir o desenvolvimento da planta (BRUNINI, 1997).

De modo geral, o efeito da temperatura nas funções da planta é determinado pela ação de atividades enzimáticas. A conformação das enzimas é uma etapa essencial nas reações enzimáticas e essa conformação depende da temperatura. Em baixas temperaturas a enzima protéica não apresenta flexibilidade suficiente e assim não possui condições para a reação. Em temperaturas altas, a enzima coagula e a nova estrutura resultante não é capaz de catalizar a reação. Desse modo, a curva de ação da temperatura tipicamente possui dois lados: uma faixa de crescimento na qual a ativação térmica das moléculas aumenta a eficiência das reações químicas e uma faixa na qual as altas temperaturas progressivamente inativam certas enzimas. Entre esses dois lados, a curva alcança um máximo correspondendo pela temperatura ótima (BONHOMME, 2003).

De modo a relacionar a faixa de temperatura ambiente e o efeito no desenvolvimento fenológico, o método de graus-dia, fundamentado no conceito de soma térmica, é a abordagem matemática para determinação da idade fisiológica vegetal. O método de graus-dia baseia-se na premissa de que as plantas, para completarem cada subperíodo do desenvolvimento, necessitam de um somatório térmico, acumulado dentro de um limite de temperatura-base relacionada para cada vegetal, abaixo da qual os processos metabólicos são estabilizados ou paralizados (BARBANO et al., 2000). A temperatura-base pode variar em função da fase fenológica da planta. É comum adotar uma única temperatura-base para todo o ciclo da planta por ser mais fácil a sua aplicação (PLETT, 1992). Da mesma forma, para definir o limite superior de temperatura tolerável ao desenvolvimento

da planta, o método de graus-dia estabelece uma temperatura máxima constante em todo o estágio de desenvolvimento da cultura.

2.2 Base tecnológica de implementação

Não somente tratando a respeito dos conceitos relacionados nas ciências agrárias, é necessário trazer ao conhecimento os aspectos tecnológicos e computacionais pertinentes ao desenvolvimento da solução proposta neste trabalho.

Será iniciado nas subseções seguintes uma breve apresentação do cenário de concepção deste trabalho, além da infra-estrutura tecnológica existente de fundamental importância para o entendimento prático de desenvolvimento computacional. Desse modo, o objetivo é oferecer uma visão global do ambiente de implementação, além dos conceitos técnicos interdisciplinares pertinentes no contexto atual.

2.2.1 Sistema Irriga®

O Sistema Irriga é um conjunto de serviços tecnológicos disponibilizados na Internet para manejo e monitoramento da irrigação. Desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria, o principal objetivo é oferecer um sistema prático, funcional e facilmente aplicável no campo utilizando um menor consumo de água e energia elétrica (SISTEMA IRRIGA, 2009).

As aplicações Web do Sistema Irriga consistem nas interfaces de cadastros de informações de irrigação e plantio, além de prover acesso aos dados processados para assessoria ao produtor quanto ao planejamento do plantio de uma cultura, assim como irrigação planejada e antecipada. A plataforma de implementação foi utilizando a linguagem PHP no lado servidor e JavaScript no lado cliente, tendo as requisições atendidas por um servidor HTTP Apache em uma máquina executando uma distribuição GNU/Linux.

Através dos privilégios necessários de acesso as aplicações do Sistema Irriga, o serviço oferecido para monitoramento no desenvolvimento de culturas conta com uma versão para a soma térmica pelo método de graus-dia. Em outras palavras, o usuário entra com alguns parâmetros vistos no formulário web da figura 2.1. A partir disso, o sistema passa a executar uma rotina de cálculo da soma térmica cujo objetivo é informar o valor acumulado de temperatura em um determinado tempo.

Uma vez concluída a consulta, o usuário registra localmente os valores de soma tér-

Fonte(s) de dados		
Estação principal	Estação auxiliar (1)	Estação auxiliar (2)
Nome: Irai	Nome: Revaldere	Nome: Vereda
Localização: Irai de Minas - MG	Localização: Indianópolis - MG	Localização: Irai de Minas - MG
Latitude: 18° 59' 1.2" S	Latitude: 18° 55' 48.5" S	Latitude: 18° 56' 34.0" S
Longitude: 47° 29' 59.4" W	Longitude: 47° 48' 32.3" W	Longitude: 47° 29' 44.0" W
Altitude: 1.040,00 m	Altitude: 955,00 m	Altitude: 1.014,00 m
Histórico desde: 22/06/2007	Histórico desde: 01/08/2008	Histórico desde: 27/07/2005
	Distância ¹ : 33,093 km	Distância ¹ : 4,548 km

¹ Distância geodésica entre a estação principal e a auxiliar.

Opções	
Gerais	
Unidade de temperatura: Fahrenheit (F)	Precisão mínima: 95 %
Temperatura base: 50.0	O limite de precisão se aplica tanto ao percentual de dados recebidos quanto ao percentual de valores de temperatura válidos
Data / período para consulta	Altitude
Obter a soma térmica:	<input type="radio"/> do sistema: <input type="text"/>
<input type="radio"/> para uma data: 01 12 09 (1ª data), semeadura às 08:00 h	<input type="radio"/> da estação principal
<input checked="" type="radio"/> para um período: 17 12 09 (2ª data)	<input checked="" type="radio"/> informada manualmente: 400 m
<input type="button" value="Voltar"/> <input type="button" value="Consultar"/>	

Figura 2.1: Formulário para consulta da soma térmica (SISTEMA IRRIGA, 2009).

mica, seja por meio de anotação manual, editor de texto ou planilha eletrônica, por exemplo. Para que o monitoramento no desenvolvimento de culturas seja possível, a consulta e o registro de valores são feitos periodicamente pelo usuário de modo a avaliar o crescimento da planta por meio do acúmulo de energia térmica.

Tendo em vista o procedimento descrito para acompanhar o desenvolvimento vegetal pela soma térmica em graus-dia, a constatação de problemas podem ser vistos sob o ponto de vista do usuário do sistema, tais como:

1. possibilidade de erros tendo a ação do usuário para registro manual dos valores de soma térmica;
2. dependência constante de dados descentralizados, como anotações e arquivos armazenados localmente;
3. dificuldade de avaliar o estágio fenológico do desenvolvimento vegetal;
4. ausência de um histórico de desenvolvimento vegetal de acordo com o tipo de cultivar.

A partir das questões listadas, fica esclarecido a necessidade de uma centralização dos dados de plantio e de soma térmica. Desse modo, é eliminada a interpretação manual dos valores de acúmulo térmico. Se o cálculo da soma térmica for efetuado de forma automatizada, além de beneficiar o usuário, é possível agendar o cálculo de soma térmica em determinada hora cujo acesso ao servidor é reduzido, como após a meia-noite.

2.2.2 Coleta e interpretação de dados meteorológicos

A temperatura do ar é a variável pertinente no método de graus-dia. Sendo assim, o registro constante dos valores da temperatura é o requisito essencial para aplicação desse modelo matemático no acompanhamento do desenvolvimento vegetal. O Sistema Irriga possui um mecanismo de coleta e transmissão de dados do ambiente a partir de estações meteorológicas automáticas, tecnicamente chamadas de PCDs, as quais se caracterizam por um conjunto de sensores capazes de descrever as condições meteorológicas de determinados locais em tempo real (SISTEMA IRRIGA, 2009). As estações são fixadas próximas aos locais de plantio, conforme ilustrado na figura 2.2.

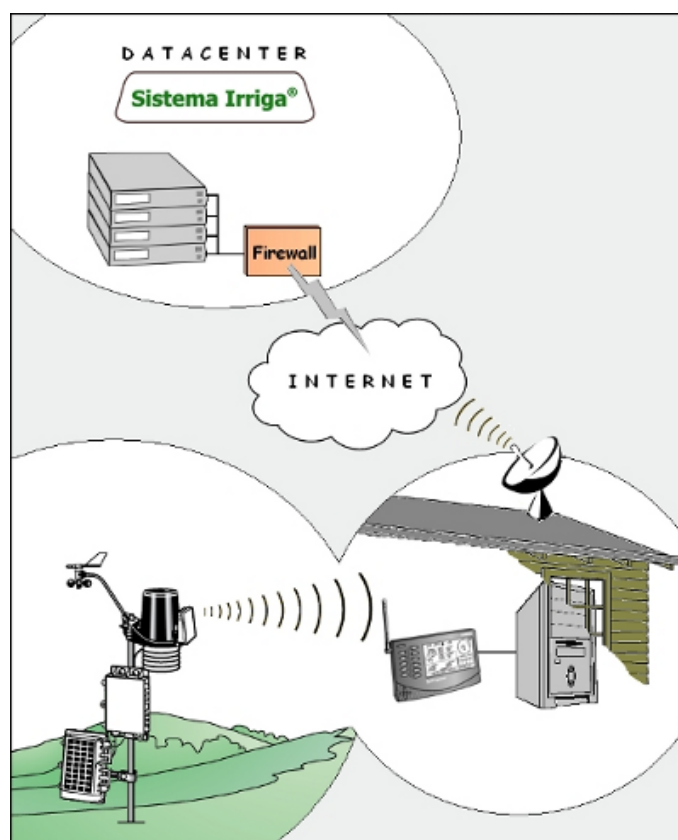


Figura 2.2: Coleta e transmissão de dados meteorológicos de uma PCD (CARLESSO; PETRY; TROIS, 2007).

Os dados meteorológicos são transmitidos das PCDs a cada 15 minutos para o servidor localizado na Universidade Federal de Santa Maria, sendo armazenados em um sistema gerenciador de banco de dados MySQL. Depois de terem sido filtrados para eliminação de leituras incorretas, os valores das estações são escritos em tabelas diferenciadas para cada estação. De acordo com a periodicidade das medições, a amostragem numérica é de 96 registros diários de valores de temperatura.

A descrição da abordagem matemática para o método de graus-dia possui importância fundamental na interpretação correta dos valores acumulados de energia térmica. Dessa forma, o devido esclarecimento evita a existência de distorções nos resultados, além de possibilitar a aplicação e melhor interpretação por outros pesquisadores (MCMASTER; WILHELM, 1997). Em se tratando do Sistema Irriga, o método matemático de graus-dia é representado por uma soma discreta definida na equação 2.1, sendo utilizada durante todo o desenvolvimento da planta por ser mais fácil a aplicação.

$$S = \sum_i^n \frac{t_i - t_{base}}{n}, \text{ tendo} \quad (2.1)$$

$$i \in \mathbb{N} | 1 \leq i \leq n,$$

$$t_i \in \mathbb{R} | t_{base} \leq t_i \leq t_{max},$$

$$n \in \mathbb{N} | n > 0.$$

No método de graus-dia é estabelecido que

$$\begin{aligned} \text{se } t_i \leq t_{base} \text{ então } t_i \text{ é igual a } t_{base} \\ \text{se } t_i \geq t_{max} \text{ então } t_i \text{ é igual a } t_{max} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Os parâmetros são descritos como

- S soma térmica;
- i o i -ésimo índice representando cada valor de temperatura;
- t_i é o i -ésimo valor de temperatura lido pela estação meteorológica;
- t_{base} e t_{max} são os valores de temperatura base e temperatura máxima referente a uma cultura, respectivamente;
- n é a quantidade de valores de temperatura.

Conforme visto a respeito da periodicidade das medições de temperatura, o n pode representar os 96 registros diários armazenados em banco de dados, por exemplo. Dessa forma, a equação 2.1 é interpretada como um somatório do ganho significativo de energia térmica da planta. Em outras palavras, a energia térmica significativa para o desenvolvimento da planta é garantido pelas restrições apresentadas em 2.2 de acordo como foi apresentado teoricamente na seção 2.1.3. A unidade representativa é o GD (graus-dia), o qual corresponde a quantidade de energia térmica adquirida pela planta responsável pelo crescimento fenológico.

Devido ao acompanhamento do desenvolvimento de uma cultura ser feito diariamente no Sistema Irriga, a equação 2.1 limita-se no domínio contendo o registro de valores de temperatura diários (24 horas). Para a soma térmica disposta em um intervalo envolvendo datas distintas, simplesmente soma-se os valores de graus-dia individualizados em cada dia para ter o resultado da soma térmica geral.

2.2.3 Monitoramento fenológico e sincronia de parentais

Nas etapas de obtenção e multiplicação das sementes, a atenção especial é dada à sua pureza genética, pois esta irá garantir que as características de interesse acrescentadas aos materiais comerciais sejam mantidas e expressas nos cultivos subsequentes (PADILHA; GUIMARÃES; PAIVA, 2003). Nesse processo, a autofecundação de parentais nos campos de produção de sementes possui consequências indesejáveis, como a redução na qualidade fisiológica das sementes e na produção final de grãos (PINHO; CICERO; PINHO, 1996).

Em função do maior rendimento agrícola, a grande maioria das cultivares comercializadas é híbrida, obtidas a partir de cruzamentos entre linhagens. Sob o ponto de vista prático, os parentais de uma cultura geralmente apresentam soma térmica diferenciada para atingir o período de florescimento, o qual corresponde pela aptidão da planta para a reprodução. Para maximizar a geração de sementes híbridas, é de interesse conhecer previamente a soma térmica dos parentais de uma cultura para o período reprodutivo. A partir disso, o plantio é determinado de forma estratégica para que o período reprodutivo dos parentais sejam sincronizados. Desse modo, o macho e a fêmea apresentarão florescimento coincidente para produção de híbridos.

A sincronização considera a data de plantio dos parentais de uma cultura para que

o período reprodutivo de ambos seja coincidente. Contando com o método de graus-dia, o monitoramento fenológico dos parentais é realizado de forma numérica visando o interesse particular do estágio correspondente a reprodução da planta. Um exemplo pode ser dado para o caso particular do milho conforme a tabela 2.1.

Tabela 2.1: Soma térmica de parentais do milho (STORCK et al., 2009).

Florescimento		
Masculino	Feminino	Híbrido
835	872	AS 1551
866	917	BM 810
875	956	Dx 510

Tendo como exemplo o híbrido AS 1551, a soma térmica para o florescimento do parental masculino e feminino correspondem aos valores 835 GD e 872 GD, respectivamente. Sendo assim, o parental feminino desse híbrido possui florescimento posterior ao parental masculino na ordem de 37 GD. A estratégia envolve inicialmente o plantio do parental feminino. Através do acompanhamento pelo método de graus-dia, uma vez tendo atingido o valor de 37 GD, o parental masculino será plantado para que ocorra sincronia de ambos no período fenológico relativo à reprodução.

2.2.4 Sistema referencial para acompanhamento do acúmulo térmico

A utilização do solo na agricultura precisa ser feita de modo estratégico para evitar a perda das propriedades físico-químicas, como nutrientes e porosidade. Tais técnicas podem ser citadas como a rotação de culturas e o período de descanso do solo.

A condição ideal para um monitoramento meteorológico preciso no desenvolvimento de um cultivar implica o posicionamento da PCD no local de plantio. Desse modo, os dados lidos são muito próximos às condições de atuação do meio-ambiente na região de cultivo em questão. Entretanto, a implantação das PCDs seguindo esse modelo implica em alto custo de instalação, manutenção e gerenciamento de dados. Estrategicamente, busca-se posicionar as estações para abranger diversas áreas de plantio. Além de ser mais viável, a tolerância a falhas é maior no caso de mau funcionamento de uma PCD.

No intuito de sistematizar a área de plantio com as PCDs, o Sistema Irriga possui um cadastro de produtores envolvendo dados de manejo agrícola. O interesse é estabelecer um sistema de referência na finalidade de determinar o conjunto de PCDs posicionadas

de modo mais próximo ao local de plantio. Para isso, foi criado o conceito de pivô, o qual é utilizado como referência para a área de plantio. O nome do pivô pode ter uma concatenação para diferenciação de sub-áreas devido as técnicas agrícolas de utilização do solo. Um pivô com o nome ST referenciando 50 hectares de área para plantio poderia ter o nome ST-A para os 20 hectares e ST-B para os 30 hectares restantes, por exemplo. Sendo assim, o pivô é único para cada área de plantio independente de qual parcela seja cultivada, tanto integral como setORIZADA.

3 PROPOSTA PARA O SISTEMA DE MONITORAMENTO TÉRMICO

Este capítulo apresenta uma proposta para criação de uma ferramenta para monitorar o desenvolvimento de culturas através do método de graus-dia. O enfoque é a descrição de novas abordagens para oferecer um sistema centralizado e juntamente abordar os detalhes de implementação.

Além disso, tendo como base a soma térmica existente no Sistema Irriga, este capítulo conta com o detalhamento dos aspectos relevantes pertencentes à solução atual. A partir disso, a nova implementação receberá a atenção necessária tendo as origens nas técnicas existentes para constituição das novas funcionalidades.

3.1 Sistema existente para a soma térmica

Conforme descrito na seção 2.2.1, o Sistema Irriga conta com uma solução para a soma térmica, a qual é considerada como a base inicial para a concepção deste trabalho.

Para um delineamento entre a base em operação da soma térmica consolidada no Sistema Irriga em relação com nova a solução proposta, uma descrição do sistema operante será feita para estabelecer um comparativo de modo a avaliar a contribuição deste trabalho.

3.1.1 Organização lógica e operacional atual

Uma vez tendo concluída a consulta da soma térmica, os valores resultantes do cálculo pelo método de graus-dia não permanecem armazenados em banco de dados. Para novamente consultar novos valores, o usuário deverá informar os mesmos parâmetros definidos no formulário da figura 2.1.

A temperatura base e a escala termométrica são parâmetros do método de graus-dia

para o cálculo e a unidade de saída dos resultados (Celsius ou Fahrenheit), respectivamente. Os valores de temperatura analisados são oriundos de, no máximo, três PCDs manualmente selecionadas a partir de unidades. Mais especificamente, as PCDs são agrupadas em função do posicionamento geográfico para monitorar um conjunto de áreas de plantio. Uma unidade representa um grupo de PCDs e as distâncias estão em função de uma PCD a qual for escolhida como sendo a principal, conforme ilustrado na figura 3.2. Embora uma unidade possa conter mais de três PCDs, somente o máximo de três podem ser selecionadas para compor a fonte de dados para o cálculo da soma térmica. Desse modo, uma combinação de estações pode ser feita para um melhor ajuste de posicionamento da amostragem de dados relativo a área de plantio. A figura 3.1 ilustra a unidade de Cruz Alta - RS. A combinação de três entre as quatro PCDs disponíveis é realizada manualmente de acordo com a posição geográfica em função da localidade da área de plantio. Não há substituição de alguma PCD no domínio de uma unidade no caso de falha. A consequência imediata é uma amostragem menor de valores de temperatura para o cálculo da soma térmica.

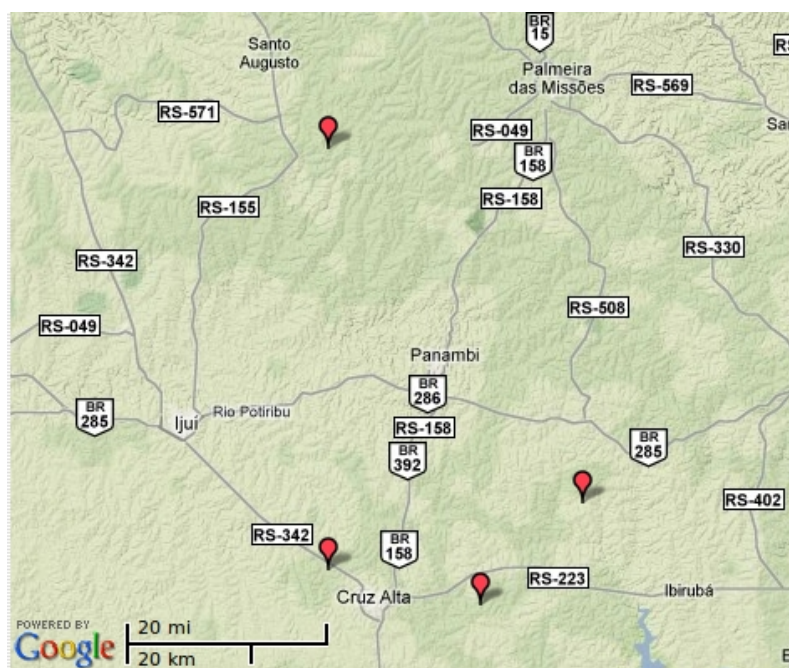


Figura 3.1: Unidade de Cruz Alta - RS com quatro estações meteorológicas (SISTEMA IRRIGA, 2009).

Os dados de temperatura coletados e transmitidos pelas PCDs são filtrados para eliminar incorreções, tais como falha de comunicação ou falta de energia elétrica. Apesar disso, existem casos em que pode existir ausência de dados para um determinado inter-

valo de tempo totalizando até mais de um dia. De modo geral, a consulta da soma térmica requer a avaliação da quantidade de dados presentes no intervalo disposto.

O resultado íntegro de soma térmica em um intervalo de tempo especificado possui a precisão como critério avaliador, a qual envolve a quantidade mínima de valores existentes lidos diariamente por cada PCD. Considerando os 96 registros diários, para o padrão de precisão igual a 95%, o mínimo de 93 registros de temperatura devem existir. No caso da PCD principal possuir um conjunto de valores de temperatura abaixo da precisão para um ou mais dias, as PCDs auxiliares terão seus valores assumidos somente nos respectivos dias contendo registros insuficientes. A busca é feita nas PCDs auxiliares com maior precisão de valores, independente da distância com a PCD principal, mas desde que esteja na mesma unidade.

Um exemplo pode ser dado pela figura 3.2. Considerando a precisão de 95%, a PCD principal não possui a porcentagem mínima necessária, assim tendo os dados de temperatura recuperados das PCDs auxiliares. Embora a PCD auxiliar “A” estando mais próxima e com precisão acima do mínimo, os valores utilizados foram da PCD auxiliar “B” mais distante por possuir maior precisão.

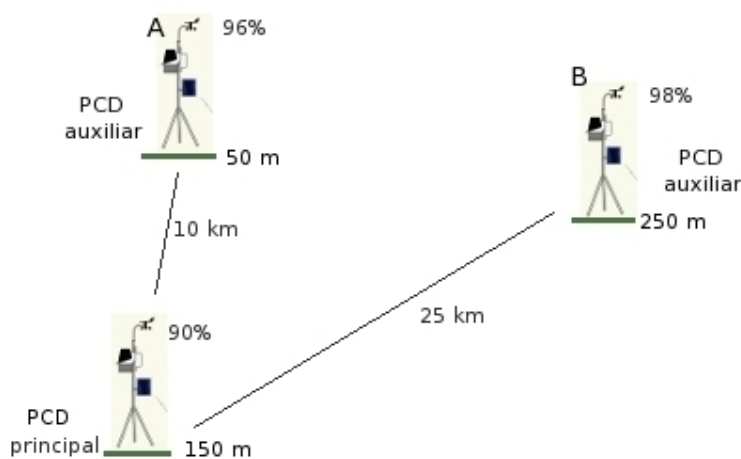


Figura 3.2: Exemplo de uma disposição espacial das PCDs especificando os tipos, distâncias, altitudes e precisão.

O fato das PCDs estarem distribuídas espacialmente em diversos tipos de terreno, outro fator passa a ser levado em consideração para o cálculo da soma térmica. Sendo regido pela dinâmica do ar atmosférico, a temperatura sofre alteração pelo gradiente adiabático, o qual determina, para o ar não saturado, a variação da temperatura na ordem 1 grau Celsius para cada 100 metros de altitude. O índice determinado corresponde mais

especificamente ao gradiente adiabático seco do ar atmosférico, sendo utilizado como padrão no Sistema Irriga. A partir disso, a altitude não deixa de ser um parâmetro preponderante no resultado do acúmulo de energia térmica. Se o local de plantio estar em relevo mais baixo comparado ao da PCD, então ocorre a adição do valor de temperatura lido pela PCD seguindo o índice do gradiente adiabático ao resultante em graus-dia. Por outro lado, estando o local de plantio em relevo mais alto comparado ao da PCD, a operação seria de subtração. Um exemplo pode ser visto na figura 3.2. Se o local de plantio estiver no mesmo nível da PCD principal, então os valores de temperatura da PCD principal não seriam ajustados para o resultado do cálculo da soma térmica. Por outro lado, os valores lidos da PCD auxiliar “A” teria um decremento de 1 grau Celsius, pois está em nível mais baixo em relação a área de plantio. Os valores lidos da PCD auxiliar “B” haveria o incremento de 1 grau Celsius.

Tendo em vista a organização das estações de forma espacial agrupadas em unidades, assim como o aspecto lógico de busca dos valores de temperatura no histórico de cada PCD, assume-se que a prioridade na recuperação dos valores de temperatura é a PCD principal. Se o registro temperatura é abaixo da precisão para todas PCDs selecionadas, então o valor com maior precisão é exibido com destaque, o qual remete a averiguação do problema nas estações por parte da equipe do Sistema Irriga.

Para uma melhor análise do processamento envolvido da consulta no formulário representado na figura 2.1, um diagrama de fluxo de dados foi criado estando representado na figura 3.3 e de modo mais aprofundado na figura 3.4.

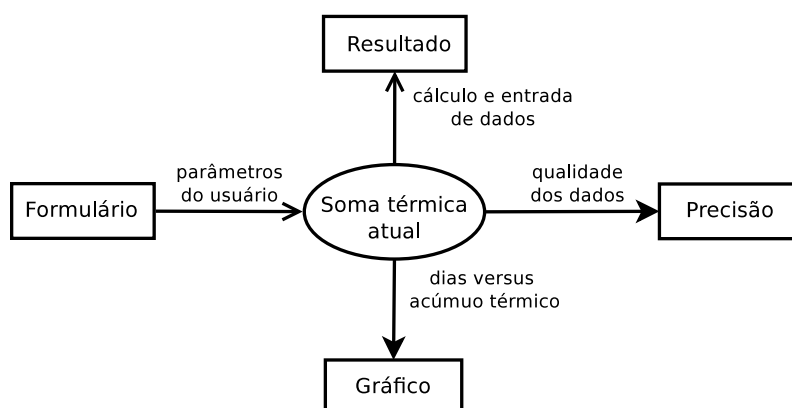


Figura 3.3: Diagrama de fluxo de dados de “nível zero” para a soma térmica atual.

Conforme estabelecido no diagrama de fluxo de dados, a soma térmica atual conta como entidades externas os dados do formulário e as PCDs selecionadas manualmente

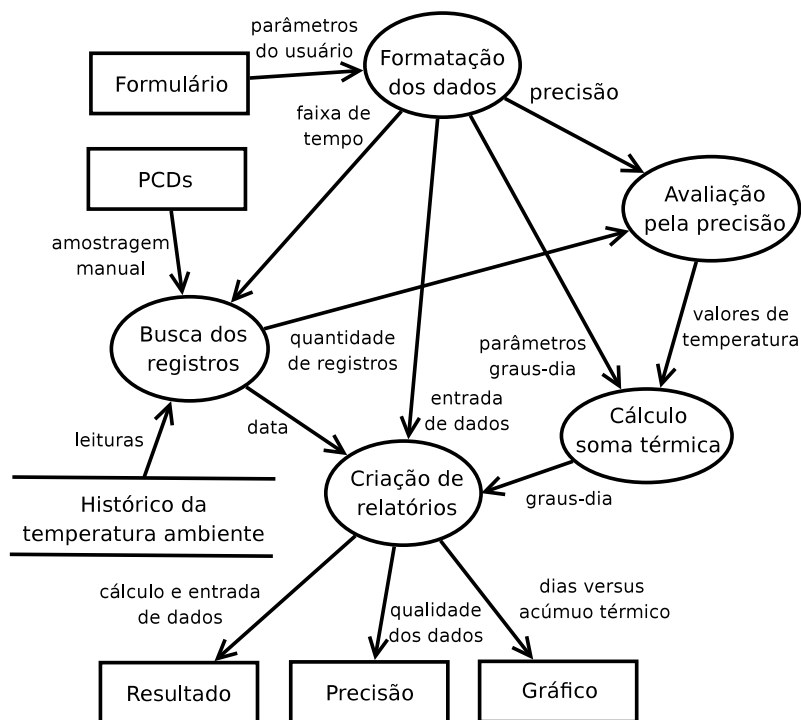


Figura 3.4: Diagrama de fluxo de dados de “nível um” para a soma térmica atual detalhando o diagrama da figura 3.3.

contidas em uma unidade. A partir disso, os processos podem ser detalhados como segue:

- a formatação dos dados recebe os parâmetros do formulário via POST para consulta no sistema;
- a busca dos registros é realizada de acordo com o intervalo de tempo consultando o histórico dos valores lidos de temperatura;
- a avaliação pela precisão considera a quantidade de registros resultante do intervalo de tempo e a precisão informada pelo usuário;
- o cálculo da soma térmica considera os valores de temperatura suficientemente precisos e os parâmetros para o método de graus-dia vindos da formatação dos dados;
- a criação de relatórios agrega os valores processados para adequação na tela gráfica, sendo que a data e os graus-dia detalham os registros de temperatura utilizados na soma térmica, além da entrada de dados formatados para saída na tela como conferência.

Observe que o sistema mantém somente, como depósito de dados, o histórico dos valores de temperatura ambiente lidos pelas estações meteorológicas. Não há relação com os dados de plantio e nem com o cultivar monitorado. A partir do processo responsável pela criação de relatórios, o sistema replica alguns parâmetros informados no formulário de entrada e informa o valor da soma térmica na entidade “Resultado”. A qualidade dos dados tendo o valor em graus-dia e a precisão da PCD compõe a entidade “Precisão”. Considerando a relação entre os dias e a respectiva soma térmica individual, a entidade “Gráfico” representa a curva de desenvolvimento vegetal.

A próxima seção abordará mais especificamente os relatórios emitidos pela soma térmica atual.

3.1.2 Relatório de monitoramento térmico

Tendo sido especificado um período para monitorar o acúmulo térmico, seja para um dia ou um intervalo maior de tempo, além dos demais parâmetros pertinentes para o cálculo da soma térmica pelo método de graus-dia, o sistema exibe um relatório caracterizado como segue:

1. a fonte de dados compreende a porcentagem de valores assumidos de cada PCD, além do próprio valor da soma térmica e demais parâmetros de entrada;
2. a solução própria para criação de gráficos considera a data de registro e o respectivo valor em graus-dia de modo a estabelecer um relacionamento entre tempo transcorrido e acúmulo térmico diário;
3. detalhamento de cada registro recuperado do banco de dados utilizado no cálculo da soma térmica informando a precisão, graus-dia e o nome da PCD.

A partir disso, cabe ao usuário relacionar os valores de graus-dia com o plantio e desenvolvimento na fenologia de uma cultura, pois a implementação atual somente considera os valores de temperatura armazenados nas tabelas de cada PCD.

3.2 Proposta para a nova versão do sistema da soma térmica

Ao invés de representar um serviço consistindo somente de uma consulta dos valores em graus-dia para um determinado intervalo de tempo a partir de uma seleção limitada de

PCDs, a proposta para a nova versão do sistema da soma térmica está em incluir funcionalidades que ofereçam um panorama satisfatório de acompanhamento no desenvolvimento de culturas para aumentar o rendimento agrícola.

O método de graus-dia oferece uma abordagem quantitativa de monitoramento no desenvolvimento vegetal através da leitura dos valores de temperatura ambiente. De modo a explorar essa potencialidade integrada à fenologia de um cultivar de interesse econômico, a nova abordagem para a soma térmica relaciona as características de plantio juntamente com o acúmulo térmico de uma região.

Uma das principais dificuldades no serviço convencional é o gerenciamento das estações meteorológicas para o cálculo da soma térmica. Desse modo, o sistema proposto oferece uma solução para a seleção automática das estações utilizando filtros adicionais considerando um sistema referencial único para a área de plantio.

A previsão dos valores de acúmulo térmico auxilia o produtor a utilizar as melhores técnicas de manejo agrícola, além de ser um recurso essencial para permitir a sincronização de parentais de um cultivar para geração de sementes híbridas.

Nesse cenário, a nova versão proposta para a soma térmica busca cumprir com os requisitos de modo a ser uma ferramenta influente de uso à nível de campo.

3.2.1 Objetivos do trabalho

O estudo dos conceitos comumente abordados em áreas interdisciplinares representa uma etapa importante na definição dos objetivos, assim como as questões apontadas na implementação atual da soma térmica.

De acordo com o andamento prático de implementação, os requisitos foram sendo esclarecidos e modificados, sendo que os seguintes itens delimitam as principais características que o sistema deve agregar:

- relacionamento do pivô referencial utilizado pelo sistema de monitoramento com a busca de PCDs;
- escolha do sistema de plantio de parentais;
- cadastramento dos dados de plantio e dos parâmetros necessários para o cálculo da soma térmica;

- seleção automática e independente de unidade das PCDs contendo dados corretos de temperatura do ar para interpretação pelo método de graus-dia;
- execução automática e gerenciamento do cálculo da soma térmica;
- apresentação dos resultados dos valores de acúmulo térmico;
- previsão da data mais provável necessária à ocorrência de um evento fenológico;
- gráfico aperfeiçoado entre as datas diárias de monitoramento e a soma térmica de cada dia.

Através dos itens propostos, a soma térmica deverá contar com um serviço aprimorado relacionando os dados de plantio, seleção customizada das estações meteorológicas, gerenciamento do cálculo da soma térmica, previsão de eventos com base nas exigências térmicas dos eventos fenológicos e criação de gráfico relacionando o tempo com o acúmulo de energia térmica.

As seções seguintes detalharam as abordagens de especificação para cada um dos objetivos listados. Pelo fato de ser um módulo de serviço do Sistema Irriga, são mantidas as características de leiaute de interface gráfica e aspectos de implementação.

3.2.2 Uso do pivô referencial para a área de plantio

Diferentemente da soma térmica convencional, a utilização da nova versão do serviço exige a execução prévia de algumas etapas fundamentais no desempenho das atividades de monitoramento térmico.

A primeira etapa envolve a seleção dos produtores integrantes no Sistema Irriga, os quais, mediante contrato, passam a fazer parte do nova versão da soma térmica. Cada produtor possui um conjunto de pivôs cadastrados contendo a altitude, latitude, longitude e a área de plantio referenciada. A segunda etapa corresponde a ativação dos pivôs vinculados a cada produtor, assim marcando a participação dos produtores e seus pivôs no novo serviço.

A seleção de produtores e a ativação dos pivôs são necessárias para estabelecer o referencial da área de plantio para o cálculo da soma térmica. Para desfazer o processo de ativação de pivô, nenhum registro de soma térmica pode estar relacionado. Da mesma maneira, para remover a seleção de um produtor, nenhum pivô em seu domínio poderá ter sido ativado.

As etapas referentes a um produtor podem ser vistas no diagrama de transição de estados na figura 3.5. Por padrão, o produtor não está integrado no sistema proposto, sendo assim constituindo o estado não selecionado. A ausência de pivôs vinculados ao produtor acarreta a mesma situação. Por outro lado, o teste informando que o produtor possui pivôs em seu domínio resulta na mudança de estado para selecionado. Somente é possível o mesmo produtor em questão retomar o estado inicial de não selecionado caso não possuir pivôs ativados.

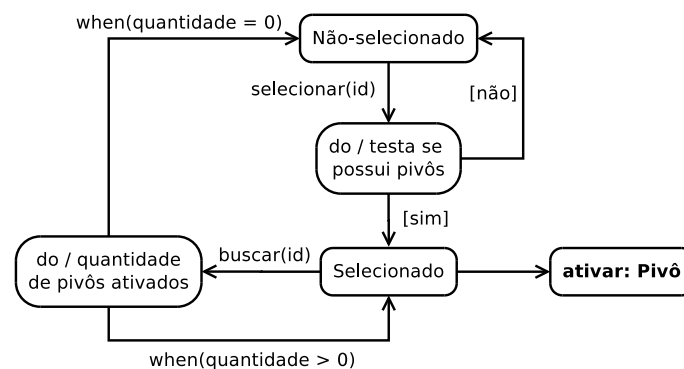


Figura 3.5: Diagrama de transição de estados para o produtor.

O diagrama de transição de estados representado na figura 3.6 exemplifica a ativação de pivôs. A mudança de não ativado para ativado não requer uma execução de teste, ao passo que o caminho inverso exige que não exista registros de soma térmica em andamento referenciado pela área de plantio do pivô. A definição da situação contida no diagrama será apresentada na seção 3.2.4.

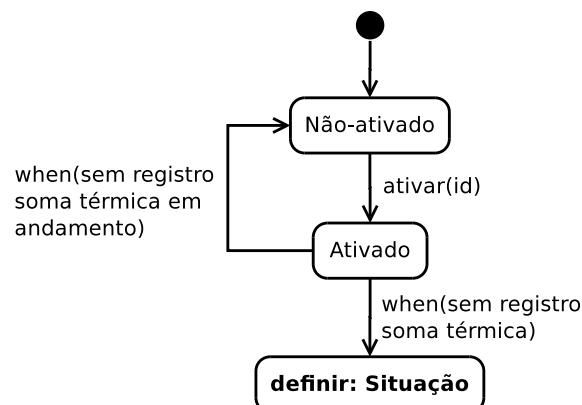


Figura 3.6: Diagrama de transição de estados para ativação do pivô.

3.2.3 Escolha do sistema de plantio

Existem ocasiões que o plantio de parentais não envolve somente uma variante macho para uma fêmea. Para determinados cultivares, como o milho, há situações que seja mais conveniente o plantio de mais variantes de um parental. Sendo assim, o sistema vem a modelar as diferentes técnicas de plantio para geração de sementes híbridas.

O evento fenológico de interesse é a etapa de florescimento na qual a planta está apta para reprodução. Sob o ponto de vista de implementação, tendo a data de semeadura de um parental, as demais variantes teriam as exigências térmicas cadastradas para realização do acompanhamento em graus-dia. Conforme apresentado na seção 2.2.3, a sincronia envolveria mais de uma variante para um mesmo parental obedecendo a mesma sistemática.

3.2.4 Cadastramento do plantio

Juntamente com os parâmetros necessários para o cálculo da soma térmica pelo método de graus-dia, os dados de plantio são necessários na solução proposta. Desse modo, estabelece-se um vínculo entre a soma térmica e o desenvolvimento de um cultivar.

A data de semeadura do parental determina o início do monitoramento. As exigências térmicas são os limites nos quais a observação é vigente. Uma vez tendo sido atingido a soma térmica do parental correspondente do sistema de plantio, assim como demais eventos de interesse na fenologia da cultura, o monitoramento passa a ser encerrado.

Na etapa de cadastramento ocorre a especificação da área de plantio do cultivar obedecendo a restrição máxima abrangida pelo pivô. No caso da área do pivô ser subdividida conforme apresentado na seção 2.2.4, um nome de sub-área deve ser informado. Justamente esse parâmetro é concatenado com o nome do pivô para diferenciação no sistema proposto. Normalmente a altitude considerada é a mesma do pivô. Contudo, existem casos em que o usuário deseja nivelar a altitude do pivô com as PCDs. Desse modo, a especificação manual da altitude no cadastramento de plantio possibilita essa flexibilidade.

O conjunto dos parâmetros que compõem o cadastro de plantio formalmente é definido como uma configuração. Existem condições nas quais um pivô pode se apresentar no sistema proposto de acordo com a maneira de cadastramento. Havendo um pivô ativo e não tiver sido configurado, o pivô é classificado como “em ativação”. Se estiver ativo e possuindo cadastramento de plantio, o pivô passa a estar “configurado”. Uma vez o pivô estando configurado, pode existir um monitoramento vigente, estando sob o critério “em

andamento”. Também ocorre para o pivô ativado um cadastramento encerrado, sendo assim enquadrado no critério “encerrado”.

De modo a detalhar a figura 3.6, o diagrama de transição de estados da figura 3.7 demonstra um pivô no estado em ativação caso não tenha registro de soma térmica em andamento. Uma vez existindo um cadastro de plantio, o pivô passa a estar configurado. Para novamente estar em ativação, o monitoramento a partir dos dados do cadastro deve estar encerrado.

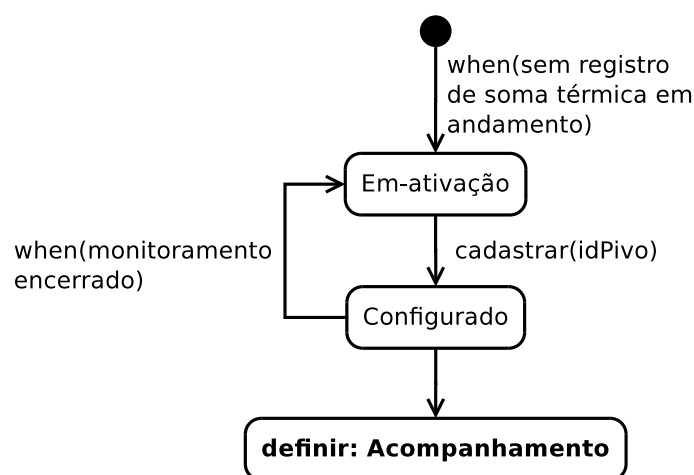


Figura 3.7: Diagrama de transição de estados para a situação de uma configuração de soma térmica.

O monitoramento do acúmulo térmico é determinado de acordo com os valores de temperatura processados pelo método de graus-dia. Para tanto, o diagrama de transição de estados definido na figura 3.8 aprofunda o diagrama anterior para demonstrar o comportamento do sistema.

A verificação do cálculo da soma térmica conta com os valores em graus-dia utilizando o acúmulo térmico mais recente. O teste envolvendo o valor da exigência térmica passa a ser executado quando existir algum valor de soma térmica, ou seja, quando o acúmulo térmico for maior que zero.

Tendo o acúmulo térmico em graus-dia com valor inferior a exigência térmica faz com que o respectivo evento fenológico ainda não tenha sido atingido, assim implicando a configuração estar em andamento. A verificação permanece em repetição enquanto existir eventos fenológicos em andamento.

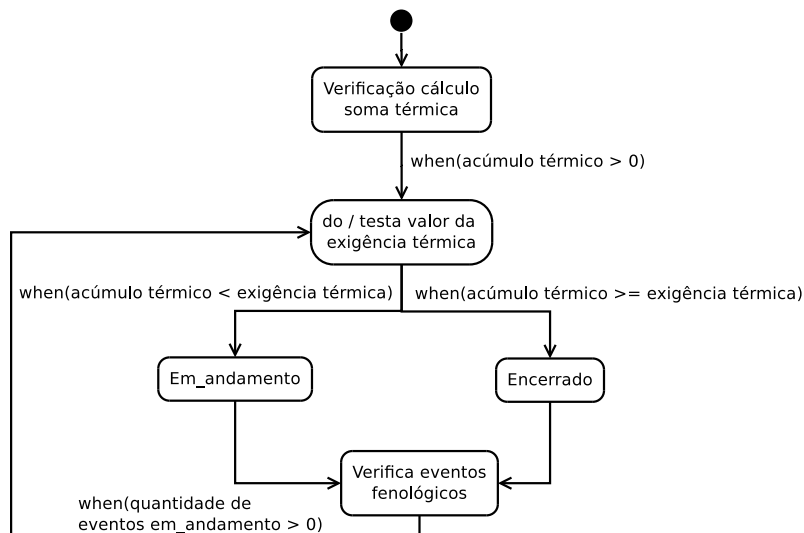


Figura 3.8: Diagrama de transição de estados para do cadastramento dos dados de plantio.

3.2.5 Seleção das PCDs independente da unidade de agrupamento

O agrupamento das PCDs em unidades acarreta em problemas se a unidade contiver poucas PCDs, como a insuficiência de dados para o cálculo da soma térmica na ocorrência de uma falha. Além disso, não será considerada uma PCD auxiliar suficientemente precisa localizada mais próxima da principal e estando fora da unidade correspondente para a rotina de cálculo.

A solução proposta neste trabalho é relacionar o posicionamento das estações meteorológicas com a localização dos pivôs referenciais das áreas de plantio. Além do aspecto geográfico, a qualidade dos dados de temperatura das estações é um critério definitivo de escolha para compor a entrada de dados para a rotina de cálculo pelo método de graus-dia.

O filtro de dados geográficos utiliza da especificação do valor distância e da variação de altitude para a busca das estações. De modo comparativo, a distância é o raio de abrangência em relação a localização do pivô e a altitude trata o nível vertical de posição das PCDs de modo a relacionar o gradiente adiabático do ar na consideração dos valores coletados de temperatura em função da altitude do pivô.

Em se tratando da disponibilidade de dados, uma vez tendo sido localizado as PCDs de acordo com a distância e a variação de altitude, um filtro avaliando a qualidade dos valores de temperatura para as estações encontradas define as quais estão aptas para serem assumidas pela rotina do método de graus dia.

A localização geográfica das PCDs não depende da data na qual foi feita o cadastro do plantio, ao passo que o filtro dos valores de temperatura somente pode avaliar a qualidade

dos dados na data corrente de consulta do sistema. Em função disso, o filtro geográfico e a análise dos dados das estações exclusivamente indicam as estações para o cálculo da soma térmica. Uma seleção manual das PCDs listadas deve ser feita para então compor a amostragem de dados. Tendo sido selecionadas as PCDs em questão, o cálculo assume os dados mantidos no histórico a partir da data de semeadura do cultivar. O procedimento manual de seleção permite registrar uma quantidade de qualquer de PCDs, sendo assim não existindo mais o limite máximo conforme a soma térmica convencional. Se uma PCD estiver apresentando falhas, basta desmarcar da amostragem do cálculo. A ação não elimina fisicamente a PCD do conjunto e pode novamente ser marcada para retomar a amostragem quando cessar a falha.

A seleção das estações meteorológicas para compor a amostragem de cálculo da soma térmica somente é possível quando configurado um pivô, além da configuração estar em andamento. A filtragem pela localização geográfica é uma etapa definida pela especificação do usuário, ao passo que a filtragem das PCDs pela qualidade dos dados é feita através de uma rotina implementada no sistema sem qualquer intervenção do usuário. O diagrama de transição de estados da figura 3.9 demonstra os passos abrangido pela seleção das estações para o cálculo da soma térmica.

O limite de distância e a variação de altitude das PCDs em relação ao pivô são os parâmetros para execução da rotina da seleção das estações pela localidade geográfica. Conforme o diagrama, o retorno são as PCDs próximas segundo o critério definido pelo usuário, as quais passam pelo estado correspondente a filtragem pela qualidade dos dados através da atividade de verificação das médias dos valores de acordo com a data atual do sistema. Quando não há estações encontradas segundo as definições de localidade e disposição dos dados, novamente é retomado o estado de filtragem pela localização geográfica com uma nova especificação pelo usuário da distância e altitude para aumentar o raio de abrangência.

As PCDs que estiverem localizadas de acordo com distância máxima e a variação de altitude, assim como os dados corretos, farão parte do estado de habilitação e desabilitação para o cálculo da soma térmica. O gerenciamento das PCDs é feito pela intervenção do usuário conforme disponibilidade dos dados de temperatura.

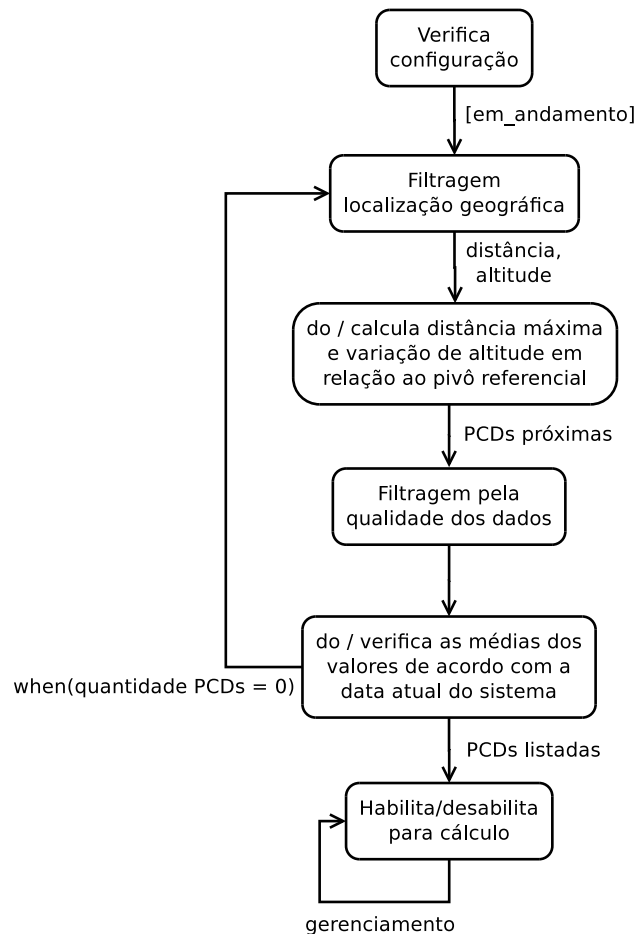


Figura 3.9: Diagrama de transição de estados para a seleção das PCDs de amostragem do cálculo de modo independente.

3.2.6 Execução e gerenciamento do cálculo da soma térmica

Devido a soma térmica convencional ser constituída de um serviço de consulta dos valores em graus-dia, diariamente o usuário acessa para ter um acompanhamento no desenvolvimento de uma cultura em graus-dia. Em se tratando da implementação atual, a saída dos valores calculados pela rotina do método de graus-dia são exibidas em interface gráfica para o usuário. Não ocorre gravação desses valores para oferecer um panorama efetivo de monitoramento. Para que se tenha tal funcionalidade, a consulta aos valores será feita tantas vezes quanto for necessário ter o conhecimento do ganho de energia térmica responsável pelo desenvolvimento vegetal.

De modo a oferecer uma solução mais adequada, os valores de graus-dia calculados pelo método de graus-dia estarão vinculados ao cadastro de plantio. Para tanto, o sistema armazenará os resultados diários a partir da data de semeadura de um cultivar. Dessa maneira, o usuário não mais precisará informar os mesmos parâmetros periodicamente

para consulta dos valores em graus-dia.

Por outro lado, não basta apenas registrar os valores de soma térmica de maneira persistente sem invocar a rotina do método de graus-dia para geração de resultados. Para não estar dependente da intervenção do usuário, a chamada ao sistema conta com um mecanismo nativo em sistemas Unix para chamada da rotina de forma periódica e automática. A seção seguinte apresenta o recurso utilizado.

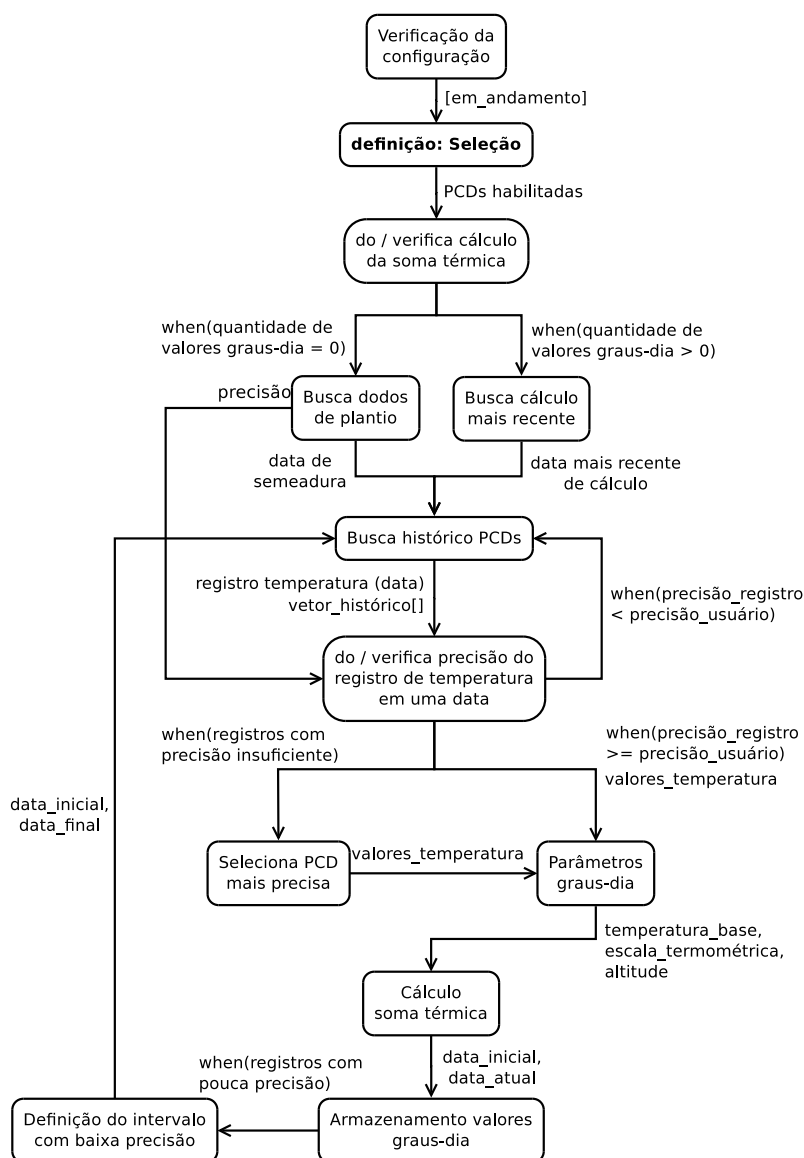
A remoção de uma PCD da lista de amostragem do cálculo de soma térmica somente exerce efeito a partir do momento em que a ação foi feita. Mais exemplificadamente, caso uma determinada PCD com falha for desmarcada na lista de amostragem do cálculo da soma térmica no décimo dia de monitoramento, o histórico dos valores em graus-dia dos dias anteriores permanecerá no sistema. A ação somente tem repercussão na data em que foi realizada até o momento em que a marcação seja novamente feita ou a configuração for encerrada.

Em contrapartida, há ocasiões que o cálculo manual da soma térmica se faz necessária. Tendo o mesmo exemplo anterior, a PCD foi desmarcada no décimo dia de monitoramento, mas considere que a falha ocorreu no sétimo dia. Dessa maneira, se as demais PCDs não tiverem dados com maior precisão, há três dias cujos valores de soma térmica estão com precisão abaixo da exigência. Para resolver essa questão, o usuário seleciona uma nova PCD a ser integrada na amostragem. A partir disso, o cálculo da soma térmica seria executado entre o sétimo e o décimo dia para corrigir os valores abaixo da precisão mínima. Os valores antigos serão sobrepostos e a soma térmica final apresentaria o valor corrigido conforme os novos dados do histórico de acompanhamento.

Adicionalmente ao serviço de cálculo automático da soma térmica, um *script* para o encerramento automático de uma configuração auxilia de modo ao cálculo não ser efetuado de maneira desnecessária. Em outras palavras, se a exigência térmica de um determinado evento fenológico estiver sido alcançado, não há mais sentido em continuar monitorando o acúmulo térmico, pois os valores pertencerão a outro estágio fenológico. Quando todos os estágios fenológicos forem atingidos, a configuração deixará de estar em andamento passando a estar encerrada.

A execução do cálculo da soma térmica é composta de diversas etapas as quais são consideradas tanto na execução manual quanto no procedimento automatizado. O diagrama de transição de estados da figura 3.10 representa o comportamento do cálculo da

soma térmica. Uma vez tendo uma configuração em andamento, as seleção das estações meteorológicas é possível, conforme representado no diagrama 3.9.



A atividade de verificação do cálculo da soma térmica possui o objetivo de estabelecer a partir de qual data o cálculo deve ser realizado. Sendo assim, a ausência de valores em graus-dia devido ao cálculo não tiver sido executado pela primeira vez faz com que a transição seja feita para o estado da busca dos dados de plantio. Caso contrário, o estado envolvido corresponde ao cálculo mais recente de soma térmica no banco de dados.

A busca dos valores de temperatura a partir do histórico das PCDs conta com a data de semeadura ou a data mais recente de cálculo, os quais advém do caso do cálculo da soma térmica ainda não tiver sido executado e o fato de existirem valores em graus-dia

previamente armazenados no banco de dados, respectivamente. Os registros de temperatura em função de uma data são avaliados de acordo com a precisão definida pelo usuário na etapa de cadastramento dos dados de plantio. O caso do registro de temperatura em uma data estar abaixo da precisão acarreta na busca de uma outra estação meteorológica habilitada para amostragem de cálculo. O `vetor_histórico[]` contém um arranjo matricial dos histórico das PCDs utilizadas no cálculo da soma térmica, o qual é utilizado na verificação de precisão.

Caso todas as PCDs habilitadas para o cálculo da soma térmica possuam os registros de temperatura abaixo da precisão no intervalo de tempo disposto, somente a PCD mais precisa terá o registro de temperatura utilizado pelo método de graus-dia. Por outro lado, estando os valores de temperatura acima da precisão, faz com que PCD tenha os registros térmicos utilizados como parâmetro pelo método de graus-dia.

O estado do cálculo da soma térmica efetivamente reúne as informações de temperatura, como o histórico das PCDs, a temperatura base e a escala termométrica; assim como os dados de plantio, como a altitude e data inicial do cálculo. A partir disso, o armazenamento dos valores em graus-dia é feito de modo incremental a partir da data inicial até a data atual. Se existirem resultados armazenados com baixa precisão, o usuário deve especificar manualmente o intervalo cujos valores estão imprecisos para retomar o estado de busca dos valores de temperatura pelo histórico das PCDs.

3.2.6.1 *Agendamento de tarefas em Unix*

Para o cálculo automático da soma térmica, assim como o encerramento automático de configurações, uma rotina deve ser invocada sem a intervenção do usuário. Para isso, utiliza-se uma solução existente em Unix para agendamento de tarefas.

Cron é o nome do programa que habilita os usuários a executarem comandos ou scripts (grupos de comandos) automaticamente em uma determinada data e hora. Como se trata de um *daemon*, o programa permanece em estado dormente até o momento especificado em um de seus arquivos de configuração para execução automática de uma rotina, sendo denominados de Crontab (JOHN RAITHEL, 2009).

Em se tratando do Sistema Irriga, há uma especificação no Crontab para uma chamada de uma rotina em PHP para execução do cálculo automático da soma térmica e encerramento automático das configurações de plantio. Para tanto, é necessário ter a biblio-

teca correspondente para executar em linha de comando as rotinas escritas em PHP. No Crontab está especificado que o cálculo e o encerramento automático deve ser feito uma vez por dia no início de cada manhã, assim o usuário terá os dados mais recentes para o restante do dia.

3.2.7 Apresentação dos resultados

O acompanhamento dos resultados calculados pelo método de graus-dia é feito de maneira semelhante a soma térmica convencional. A listagem de cada dia conterà o valor em graus-dia e a progressão do acúmulo, seguidos da estação da coleta dos dados, a distância e a altitude em relação ao pivô.

O diferencial está no destaque na interface gráfica quando o acúmulo térmico tiver alcançado um evento fenológico. Nesta situação, o evento correspondente de interesse será especificado na tela para melhor especificação. Além disso, quando um registro estiver abaixo da precisão, um sinal estará acompanhado da respectiva precisão de modo a assinalar uma investigação técnica.

O registro que estiver com baixa precisão será o da PCD mais precisa entre as quais estiveram selecionadas para participar da amostragem de cálculo. Uma maneira de proceder para uma melhor qualidade no resultado da soma térmica envolve a procura por uma nova PCD. Para tanto, o filtro geográfico pode ter a distância ou a variação de altitude aumentados para abranger um maior número de fonte de dados.

A apresentação dos resultados consiste em adequar as informações para o usuário. Conforme apresentado no diagrama de transição de estados da figura 3.11, uma busca das informações para exibição dos resultados de acompanhamento possui a dependência dos estados de busca das PCDs amostradas no cálculo da soma térmica, dados de configuração referente a etapa de cadastramento de plantio e os valores de soma térmica.

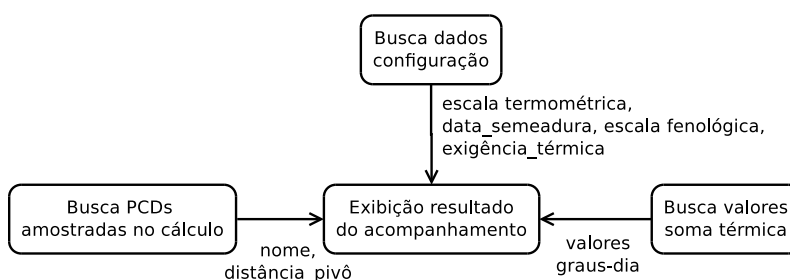


Figura 3.11: Diagrama de transição de estados para a apresentação dos resultados.

Através da reunião de todos os parâmetros vindos das etapas de busca, o estado de

exibição dos resultados possui as informações necessárias para integrar os valores em graus-dia de acúmulo térmico com a exigência térmica de cada etapa fenológica, assim como as informações das PCDs para fins de constatação da origem dos valores de temperatura e precisão dos dados.

3.2.8 Previsão de evento fenológico

Uma aplicação imediata do método de graus-dia é a possibilidade da previsão de um evento fenológico com base nos valores de temperatura. Através disso, é possível reduzir as incertezas no manejo agrícola, como o preparo da terra para plantio de um parental e a seleção de sementes.

Para informar a previsão de eventos fenológicos para os dias subsequentes, o sistema busca os dados de temperatura a partir de um *script* que acessa os boletins de previsão do tempo da Internet. A pesquisa é diferenciada de acordo com a cidade na qual está localizada o pivô referencial da área de plantio. Os valores de temperatura são lidos da *web* e salvos em banco de dados para então ser utilizado pelo método de graus-dia no cálculo da soma térmica prevista. De modo padrão, há previsão de cinco dias para a soma térmica utilizando uma abordagem matemática simplificada para o método de graus-dia, conforme explicitado na equação 3.1 abaixo¹.

$$S_p = \frac{t_{max} - t_{min}}{2} - t_{base}, \text{ tendo} \quad (3.1)$$

S_p soma térmica prevista

t_{max} temperatura máxima da previsão

t_{min} temperatura mínima da previsão

t_{base} temperatura base de um cultivar

A partir disso, acumula-se o primeiro valor de S_p com o valor da soma térmica atual, resultando no acúmulo térmico previsto para o primeiro dia. A partir disso, o valor da previsão para o primeiro dia acumula com o segundo valor da soma térmica prevista, assim determinando a previsão para o segundo dia. O procedimento se repete para os dias subsequentes.

Se a exigência térmica de um determinado evento fenológico estiver no intervalo de previsão, então a data de ocorrência é determinada apenas utilizando valores da previsão

¹O limite numérico assumido pelas variáveis obedece as restrições declaradas na equação 2.2, as quais determinam o crescimento vegetal efetivo.

do tempo. Por outro lado, uma busca no histórico das PCDs amostrada no cálculo da soma térmica será feita caso um determinado evento fenológico possui exigência térmica cujo valor está além do intervalo de previsão. O objetivo consiste em manter a data de previsão, porém consultado os diferentes registros de temperatura nos anos antecedentes e realizando uma média nos valores encontrados. Desse modo, assume-se a média para cada um dos dias futuros em particular como as quais medidas pelas PCDs em um dia. Em outras palavras, acumula-se a média com a soma térmica do dia em questão para projetar a soma térmica do dia seguinte. O procedimento se repete para os dias posteriores de modo a determinar a data de previsão com base no histórico das PCDs.

O diagrama de transição de estados da figura 3.12 modela a dinâmica do mecanismo de previsão dos eventos fenológicos. Os estados referentes a busca de informações para a estimativa da data de previsão abrangem o caso do prognóstico dos boletins meteorológicos. A busca dos valores de temperatura armazena em banco de dados a amplitude térmica, sendo assim calculadas pelo método de graus-dia simplificado conforme a equação 3.1.

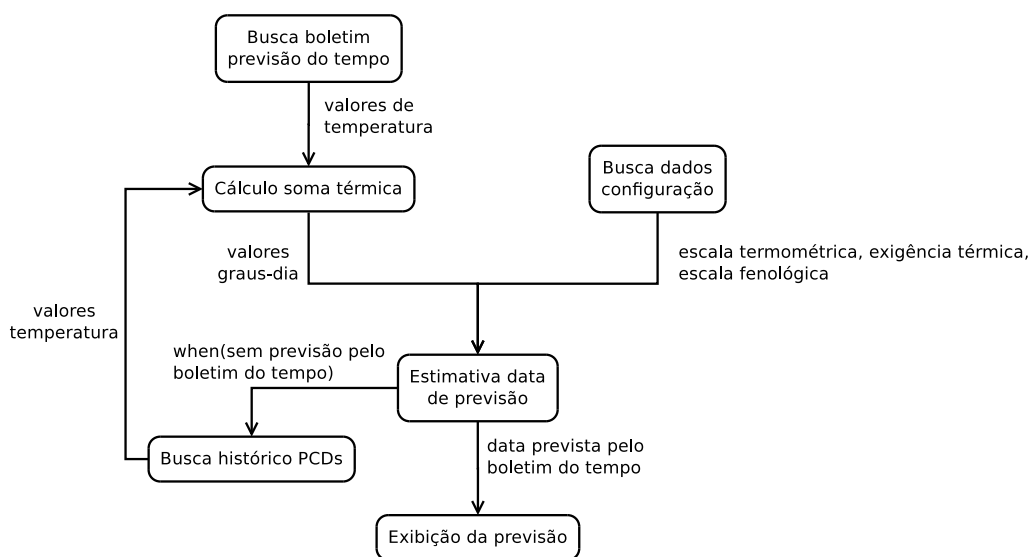


Figura 3.12: Diagrama de transição de estados para a previsão de eventos fenológicos.

Caso a estimativa da data de previsão não tiver uma data prevista a partir dos valores de prognóstico, então o estado correspondente a busca do histórico das PCDs se encarrega de procurar a data mais provável de ocorrência do evento fenológico a partir da média dos valores passados. A exibição da previsão apresenta as datas prováveis de ocorrência ao usuário considerando cada evento fenológico definido no cadastramento do plantio.

3.2.9 Gráfico da relação entre data e graus-dia

A apresentação dos resultados oferece ao usuário um acompanhamento detalhado do acúmulo térmico responsável pelo desenvolvimento vegetal. Além disso, é um recurso para verificar a qualidade dos dados para um determinado dia.

De modo a prover um recurso para melhor análise na sucessão dos valores de acúmulo térmico em uma cultura, o sistema conta com a apresentação de um gráfico relacionando os dias de acompanhamento e o respectivo valor em graus-dia. A variável independente são os dias de monitoramento e a variável dependente é o acúmulo térmico verificado em cada dia. O gráfico possui uma seleção do intervalo de dias para ter uma visão mais detalhada do comportamento dos dados.

A soma térmica convencional conta com uma solução própria para criação de gráficos. O sistema utiliza o formato SVG para criação e apresentação dos gráficos no navegador, o qual renderiza na tela através de um *plugin*. De modo geral, SVG é uma linguagem para descrição de gráficos bidimensionais e aplicações gráficas utilizando XML (World Wide Web Consortium, 2009).

Ao invés de utilizar uma solução própria para criação de gráficos, o sistema proposto utiliza a biblioteca JpGraph de modo a facilitar a implementação. A próxima seção apresenta os recursos de JpGraph como justificativa de escolha.

A exibição do gráfico conta com uma seleção do usuário quanto ao número de dias retroativos de plotagem a partir da data atual. No diagrama de transição de estados da figura 3.13, o estado referente a definição do intervalo do tempo informa a data inicial e a data atual para definição do intervalo de dias. Além disso, a busca pelos dados de configuração informados no cadastramento de plantio e os valores de soma térmica são necessários para construção do gráfico.

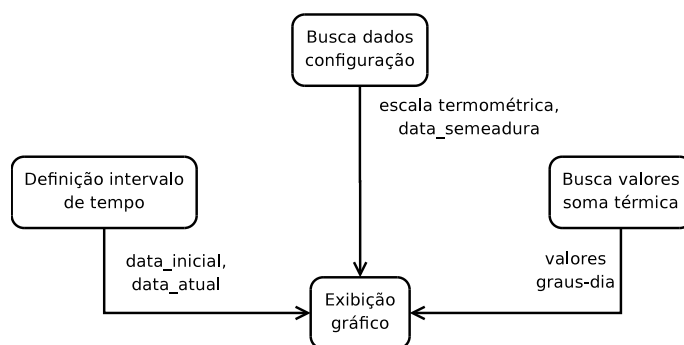


Figura 3.13: Diagrama de transição de estados para exibição do gráfico da curva de crescimento vegetal efetivo de acordo com o acúmulo térmico em função do tempo.

A escala termométrica é verificada para compor a representação dos valores de acúmulo térmico no eixo das ordenadas do gráfico. No caso do usuário escolher a opção de exibir o gráfico contendo todos os valores de acompanhamento térmico, então o intervalo a partir da data de semeadura até a data atual do sistema define o eixo das abcissas.

3.2.9.1 Biblioteca gráfica JpGraph

JpGraph é uma biblioteca orientada a objetos para criação de gráficos em PHP versão 5.1 ou superior. Sendo totalmente escrita em PHP, assim pode ser integrada facilmente em qualquer script PHP (Aditus, 2009).

A vantagem de utilizar JpGraph em relação a solução própria do Sistema Irriga está na variedade de gráficos que podem ser criados on-line. A biblioteca oferece uma maneira simples de criação de gráficos fazendo o uso de pouco código. O aprendizado é rápido devido a atribuição de valores-padrão para grande parte dos parâmetros de funções.

Pelo fato de JpGraph ser bem documentado, a integração na nova versão do sistema da soma térmica passa a ser simples. A geração de gráficos é uma imagem em JPEG, assim não sendo preciso o uso de *plugins* extras do navegador Internet.

3.3 Diagrama de sequência para a solução proposta da soma térmica

O fato de relacionar os dados de plantio de uma cultura com os valores calculados para a soma térmica faz com que uma sequência lógica na execução de tarefas seja estabelecida.

Apesar das características terem sido detalhadas a partir da seção 3.2.1, é necessário apresentar a dependência entre os procedimentos de modo a ter uma visão geral do funcionamento no sistema proposto.

O diagrama de sequência está representado na figura 3.14, sendo que os participantes são descritos para melhor entendimento do processo:

- o usuário realiza todos os procedimentos do sistema desde a seleção de produtores e ativação dos pivôs até a exibição do gráfico contendo a curva do crescimento vegetal;
- o produtor é a entidade envolvida no serviço de soma térmica;
- o pivô está associado a um produtor, sendo utilizado como referencial para a área

de plantio monitorada pela sistema;

- o sistema de plantio contém as variantes entre parentais de um cultivar de modo a estabelecer a sincronia fenológica;
- a cultura é uma tabela em banco de dados contendo as culturas cadastradas no Sistema Irriga;
- a classe contém os tipos de semente para uma determinada cultura;
- o acompanhamento é a interface na qual o usuário realiza o cadastramento do plantio para monitoramento pela soma térmica;
- a estação compreende as PCDs utilizadas no cálculo da soma térmica em função da localidade espacial e viabilidade do histórico dos dados;
- o cálculo da soma térmica envolve a rotina para o método de graus-dia, o qual faz uso do histórico dos valores de temperatura das PCDs.
- o resultado contém os valores em graus-dia individuais para cada dia de monitoramento, além de dados de precisão e as PCDs utilizadas no cálculo;
- a previsão oferece um prognóstico dos eventos fenológicos de interesse em função da exigência térmica, o acúmulo térmico mais recente e dos dados de temperatura no histórico das PCDs;
- o gráfico compreende a interface na qual estabelece-se a curva do crescimento vegetal em função do número de dias e do acúmulo térmico diário.

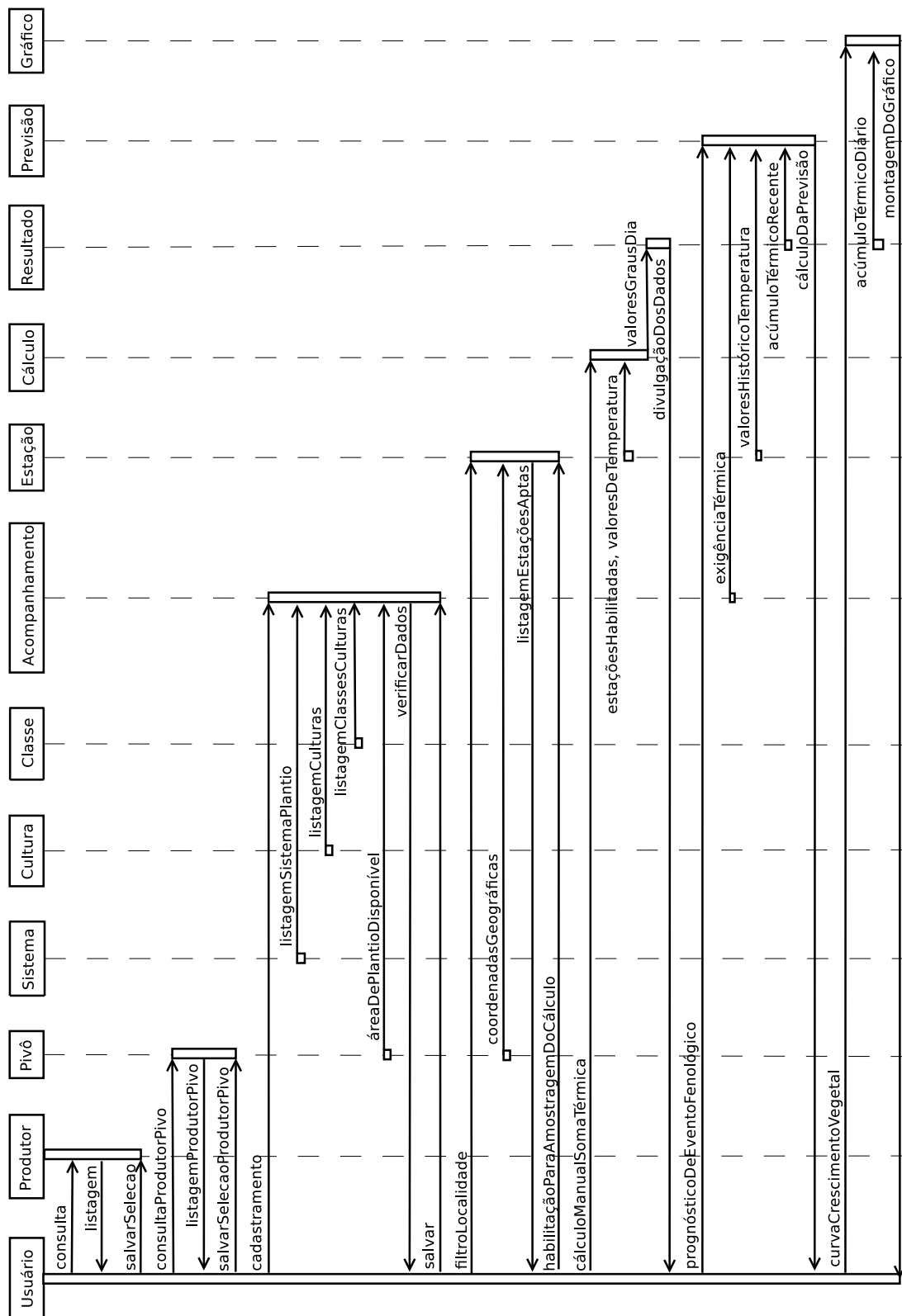


Figura 3.14: Diagrama de sequência para o sistema da soma térmica proposto.

De acordo com o diagrama de sequência, a fase de cadastramento depende da seleção e do produtor e da ativação dos pivôs. A partir de então, o acompanhamento é determinado pela especificação dos dados de plantio, como o sistema de plantio, o cultivar e o tipo de semente. A área de plantio corresponde a área referenciada pelo pivô. No caso de um pivô subdividido, conforme mencionado na seção 2.2.4, a área de plantio corresponde a que estiver disponível. Além disso, na etapa do acompanhamento deve ser informado os parâmetros para o cálculo da soma térmica através do método de graus-dia, como a temperatura-base, escala termométrica, a altitude, a precisão e a exigência térmica correspondente a cada evento fenológico.

Tendo os critérios de acompanhamento definidos, a seleção das estações meteorológicas passa a estar habilitada. A listagem das PCDs aptas para o cálculo da soma térmica é informada ao usuário para seleção manual das quais irão compor a amostragem do cálculo.

A partir de então, o sistema está apto a executar o cálculo automático da soma térmica. Contudo, se o usuário desejar calcular manualmente os valores de graus-dia, o sistema fará uso do histórico dos valores de temperatura das PCDs selecionadas para o cálculo. As respostas são repassadas para a rotina dos resultados para formatação dos dados e exibição ao usuário. A diferença do cálculo automático da soma térmica está que os valores armazenados são acessados posteriormente pelo usuário quando fosse invocado a rotina de exibição dos resultados.

A previsão dos eventos faz uso do histórico das PCDs habilitadas para o cálculo da soma térmica, assim como o valor em graus-dia mais recente do sistema e a exigência térmica de cada evento fenológico. A tela de previsão contém a data mais provável de ocorrência de cada evento de interesse.

A criação do gráfico faz uso da soma térmica de cada dia armazenada no sistema. Desse modo, a interface apresenta um gráfico contendo a curva do crescimento vegetal tendo as datas de monitoramento no eixo das abcissas e o valor do acúmulo térmico correspondente no eixo das ordenadas.

Uma vez tendo habilitado as estações meteorológicas para representar a amostragem de cálculo, os demais passos envolvendo os resultados, a previsão e o gráfico são independentes. Em outras palavras, o cálculo automático da soma térmica, conforme descrito na seção 3.2.6, armazena os valores resultantes em tabelas do banco de dados. Sendo assim,

a independência é garantida, pois passos seguintes são formas distintas de interpretar os valores em graus-dia persistentes no sistema. Para melhor entendimento, a figura 3.15 esclarece a dependência de execução das rotinas do sistema da soma térmica proposto.

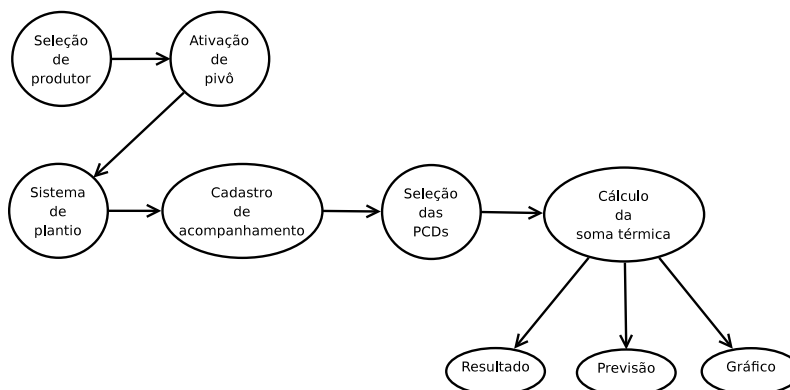


Figura 3.15: Dependência das rotinas da soma térmica para o sistema proposto devido a requisição de dados.

Conforme visto na figura, o sentido único das setas demonstra a dependência sequencial de execução, exceto somente a partir do cálculo da soma térmica. O diagrama de sequencia da figura 3.14 demonstra a execução gradual das tarefas de modo a abranger todo o sistema.

3.4 Comparação entre os sistemas

Tendo em vista a descrição do sistema atual da soma térmica em funcionamento no Sistema Irriga e a proposta deste trabalho, um maior esclarecimento deve ser dado relacionando as duas soluções.

Tabela 3.1: Comparação entre os sistemas da soma térmica.

Característica	Sistema atual	Sistema implementado
Análise da precisão dos dados térmicos	sim	sim
Gráfico da soma térmica	sim	sim
Relatório de resultados e precisão	sim	sim
Uso do pivô para seleção das PCDs	não	sim
Sistema de plantio e soma térmica	não	sim
Monitoramento de eventos fenológicos	não	sim
Independência do agrupamento em unidades	não	sim
Quantidade arbitrária de PCDs	não	sim
Cálculo automático da soma térmica	não	sim
Armazenamento dos valores em graus-dia	não	sim

Para ter um modo de comparação entre os dois sistemas, a tabela 3.1 evidencia as características desejadas indicando a situação de ocorrência em ambos os sistemas. Desse modo, a expectativa é que avaliar de maneira qualitativa o ganho de recurso com a proposta deste trabalho.

Nos itens em comum entre a solução atual em relação ao trabalho proposto, algumas melhorias serão adicionadas. No caso do gráfico da soma térmica, a idéia de utilizar o JpGraph possibilita a criação de gráficos com melhor acabamento e diversidade de modelos. O relatório de resultados e precisão envolverá a distância das PCDs em relação ao pivô referencial da área de plantio. A análise e precisão dos dados fará uso de uma quantidade variada de estações meteorológicas, podendo ser gerenciado de acordo com o filtro geográfico.

As demais características não existentes no serviço atual da soma térmica constituem-se na definição dos objetivos deste trabalho conforme mencionado na seção 3.2.1.

4 DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO

Este capítulo proporciona uma visão da implementação proposta, apresentando as funcionalidades implementadas e seu resultado de desenvolvimento.

4.1 Estado atual

Esta seção apresenta um panorama das atividades executadas neste trabalho, assim como destaques de implementação para possibilitar um julgamento técnico pertinente.

4.1.1 Modelagem do sistema

A implementação da nova versão do sistema para acompanhar o desenvolvimento de cultivares utiliza a linguagem PHP juntamente com MySQL e Javascript. No entanto, as bibliotecas do *framework* CodeIgniter foram utilizadas principalmente para facilitar a interação com o banco de dados. A vantagem do CodeIgniter é a simplicidade em criar aplicações para a web, além de possuir ótima documentação (CodeIgniter, 2009).

A modelagem entidade-relacionamento para a nova solução da soma térmica conta com a estrutura operacional do Sistema Irriga. O enfoque foi dado na definição das tabelas, atributos e relacionamentos para a nova implementação fazendo uso da estrutura operante do modelo relacional. A modelagem do sistema pode ser vista na figura 4.1.

As tabelas do Sistema Irriga tiveram somente o atributo de chave primária representados para simplificar a imagem. O relacionamento entre as tabelas, assim como demais detalhes, serão explicados para um melhor entendimento da modelagem proposta.

- o relacionamento 1:n entre `clientes` e `st_producutor_ativo` modela um cliente podendo ser *selecionado* uma ou n vezes;
- o relacionamento 1:n entre `st_producutor_ativo` e `st_pivo_ativo` modela

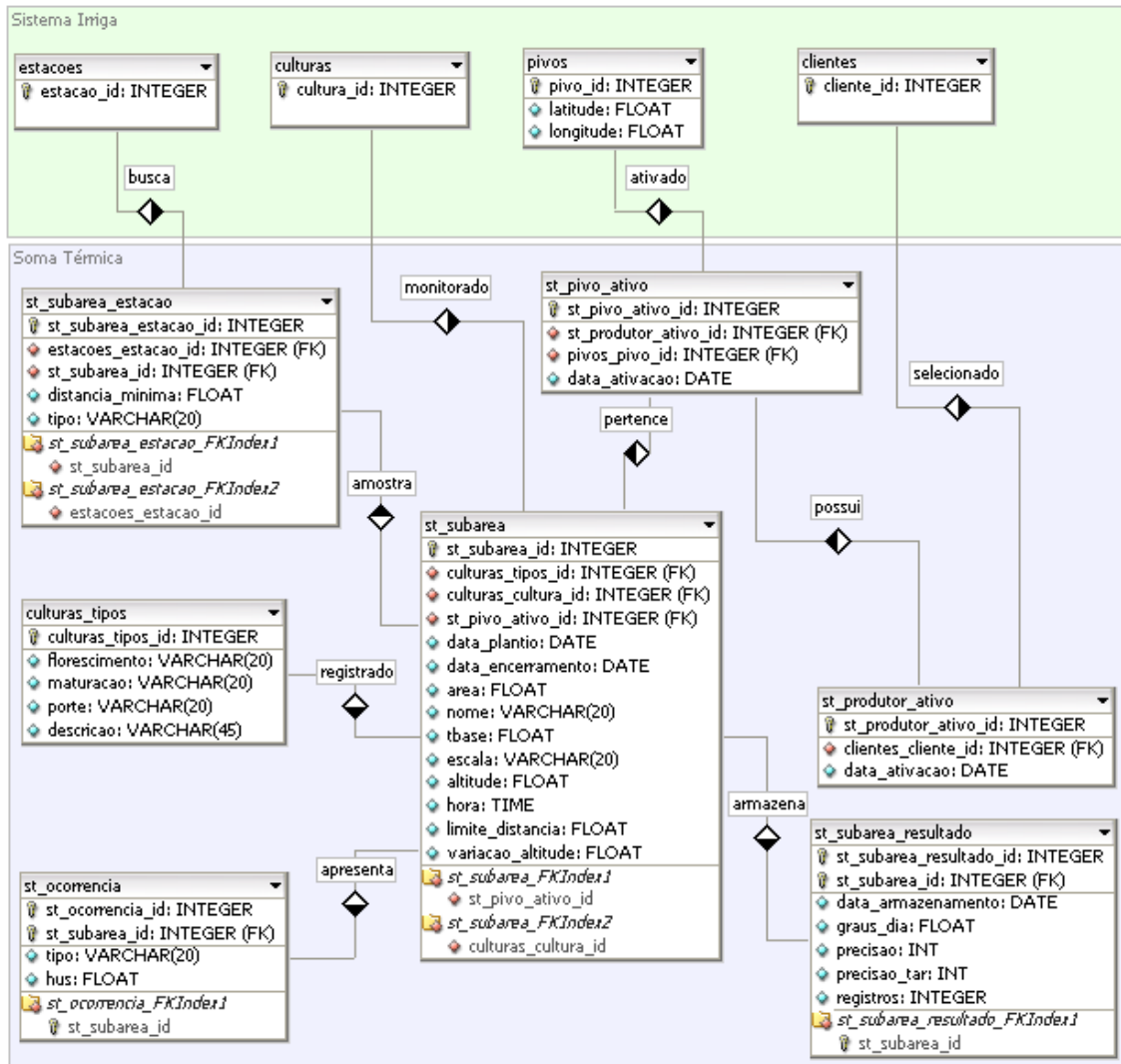


Figura 4.1: Modelo entidade relacionamento tendo as tabelas do Sistema Irriga delimitadas pela região correspondente. As tabelas da solução proposta estão na região delimitada por soma térmica.

- o caso de um produtor *possuir* um ou n pivôs ativados;
- o relacionamento 1:n entre pivos e *st_pivo_ativo* modela um pivô sendo *ativado* pelo menos uma vez.
- o relacionamento 1:n entre *st_pivo_ativo* e *st_subarea* modela um pivô ativo *pertencente* a uma ou n subáreas;
- o relacionamento 1:n entre culturas e *st_subarea* modela uma cultura podendo ser *monitorada* uma ou n vezes;
- o relacionamento 1:n entre *st_subarea* e *st_ocorrenca* modela o caso de uma configuração *apresentar* pelo menos um evento fenológico;

- o relacionamento 1:n entre `estacoes` e `st_subarea_estacao` modela o fato de uma PCD poder ter os valores de temperatura *buscados* uma ou n vezes em seu histórico;
- o relacionamento 1:n entre `st_subarea` e `st_subarea_estacao` indica que uma determinada PCD pode ter os valores de temperatura *amostrados* pelo menos em uma configuração;
- o relacionamento 1:n entre `st_subarea` e `st_subarea_resultado` modela o fato de uma configuração ter *armazenado* 1 ou n registros da soma térmica.
- o relacionamento 1:n entre `culturas_tipos` e `st_subarea` modela o caso de um tipo de cultura ser *registrado* uma ou n vezes para monitoramento.

A tabela `st_subarea` envolve a configuração do cadastro de plantio com os campos necessários para o método de graus-dia. Uma vez tendo sido executada a rotina para o cálculo da soma térmica, os valores em graus-dia são armazenados na tabela `st_subarea_resultado`. Esse procedimento tanto é o mesmo quanto para a execução manual do cálculo por intervenção do usuário, assim como a execução automática por meio do programa Cron, conforme apresentado na seção 3.2.6.1.

4.1.2 Agendamento do cálculo da soma térmica

Tendo a rotina do método de graus-dia concluída, o agendamento do cálculo automático através do programa Cron foi feito em horário em que há menor acesso ao servidor. Além disso, a determinação da hora é um fator importante, pois deve ser escolhido na ocasião em que o serviço da soma térmica é normalmente utilizado pelo usuário.

Em se tratando da tarefa de monitorar o desenvolvimento de culturas, é interessante realizar o cálculo na manhã de cada dia. Dessa forma, o usuário, o qual normalmente é um técnico agrícola, terá os valores mais recentes disponíveis para então agir conforme o relatório emitido pelo sistema.

Uma outra razão que se leva a determinação do cálculo automático em horário alternativo é em função da utilização do servidor. O cálculo da soma térmica pelo método de graus-dia exige a presença de um volume de dados para realizar as médias diárias dos valores de temperatura. Quando há muitas PCDs na amostragem de cálculo, a tendência

que a consulta leve mais tempo para busca dos dados em disco rígido e processamento em memória.

Primeiramente o encerramento automatizado das configurações deve ser feita para diminuir a carga executada pela rotina do método de graus-dia. A especificação do Crontab pode ser vista na figura 4.2. O *script* de encerramento foi definido no arquivo `st_encerramento.php` invocado diariamente às 7h55min através da chamada de arquivo em PHP em linha de comando determinado pelo parâmetro `-f`.

```
# encerramento automático das áreas dos pivôs
55 7 * * * /usr/bin/php -f /var/www/br-html/includes/st_encerramento.php
# cálculo automático da soma térmica
0 8 * * * /usr/bin/php -f /var/www/br-html/includes/st_script.php
```

Figura 4.2: Definição do *crontab* para o encerramento automático de uma configuração e a execução do cálculo da soma térmica.

Adicionalmente, o *script* do cálculo automático da soma térmica é iniciado diariamente às 8h utilizando a mesma chamada de arquivo em PHP. As configurações que estiverem encerradas logicamente não farão parte da rotina de cálculo do acúmulo térmico. Por essa razão que a chamada para o encerramento de uma configuração é feita antes da execução da rotina do método de graus-dia.

4.2 Detalhes da previsão fenológica

A busca de dados de temperatura a partir de boletins de previsão do tempo da Internet é necessária para compor a base de informações para a previsão na ocorrência dos eventos fenológicos, os quais são definidos na etapa de cadastramento de plantio. A utilização de dados meteorológicos possui o objetivo de oferecer um mecanismo eficiente para calcular o acúmulo térmico futuro de modo mais preciso.

De modo simplificado, uma primeira abordagem para implementação do serviço de previsão da soma térmica consistia em calcular a média dos três valores mais recentes de temperatura e projetar o resultado para os dias seguintes. A partir de então, acumulava-se a média com a soma térmica atual para prever a soma térmica do dia seguinte. Contudo, ao invés de utilizar valores de temperatura de dias passados, a idéia é empregar a tecnologia fundamentada na ciência da Meteorologia para determinação da previsão do tempo. Desse modo, emprega-se os valores de temperatura mais aproximados baseados em métodos

científicos.

A captura dos valores de temperatura é feita por meio de um canal de informações de sindicância na web. Mais especificamente, o envio de parâmetros de formulário pelo método GET busca uma base de dados da web para consulta de boletins de previsão do tempo. O fonte de dados do INPE foi utilizada em razão de ser uma instituição tecnológica de referência nacional em pesquisas meteorológicas, sendo a URL esquematizada na figura 4.3. A partir de então, um *parser* procura por um *feed* RSS contendo o boletim da previsão do tempo.

```
http://www.cptec.inpe.br/cidades/previsao.do?parameter=listar&name= nome+da+cidade
```

Figura 4.3: Esquema da URL para requisição via GET para busca do *feed* da previsão meteorológica.

O parâmetro informado por GET para consulta corresponde a cidade na qual está localizado o pivô referencial da área de plantio. Desse modo, a pesquisa por dados meteorológicos considera o boletim local de previsão do tempo. Por conseguinte, o arquivo XML resultante da requisição é analisado para leitura dos valores de temperatura, os quais passam a ser armazenados em uma tabela do banco de dados.

O fato de armazenar os valores de temperatura da previsão do tempo em banco de dados local consiste em criar uma cache para que não seja constante o acesso a web pela procura de dados. A busca do *feed* será feita somente uma vez em cada dia. A partir disso, a previsão do tempo consultará o banco de dados local para calcular a soma térmica prevista. Tendo os valores de acúmulo térmico previstos, as datas de ocorrências dos eventos fenológicos passam a ser definidas conforme apresentado na seção 3.2.8.

O esquema de busca e armazenamento dos valores de temperatura a partir da previsão meteorológica é expressado na figura 4.4. Quando uma nova pesquisa é feita, os novos dados sobrescrevem os quais estavam previamente armazenados de modo a manter sempre a previsão mais recente em relação a data atual de busca do sistema.

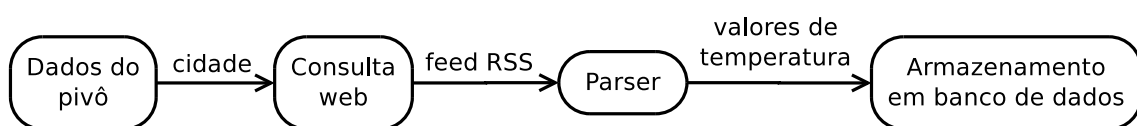


Figura 4.4: Esquema de gerenciamento dos dados utilizados para previsão fenológica.

Da mesma forma que o encerramento de uma configuração e o cálculo da soma térmica, um *script* é responsável por coletar os dados de previsão de modo automatizado através do agendamento no *crontab*, conforme ilustrado na figura 4.5. Quando o usuário desejar consultar a previsão, somente os valores armazenados em banco de dados serão considerados.

```
# captura automática dos dados da previsão do tempo
0 9 * * * /usr/bin/php -f /var/www/br-html/includes/st_captura_dados_previsao.php
```

Figura 4.5: Definição do *crontab* para a captura automática dos dados de previsão do tempo pela Internet.

A execução automática do *script* de captura dos dados de previsão do tempo pela Internet é feita diariamente às 9h. O horário escolhido é em virtude do cálculo da soma térmica ter sido executado seguindo o agendamento representado na figura 4.2. Desse modo, será possível ter o acúmulo térmico mais recente para utilização da rotina de previsão.

4.3 Log para rastreamento de modificações no sistema

O acesso ao Sistema Irriga é possível através da autenticação do usuário, o qual passa a utilizar os serviços mediante atribuição determinada pelo administrador do sistema. Os privilégios de acesso são divididos entre tipos de usuário e, entre estes, quais serviços fazem parte do conjunto das ferramentas web que compõem sua base de utilização.

Em razão de ser acessado por diversos usuários, é necessário ter um controle de quem exerceu alguma modificação no estado do Sistema Irriga. Algumas ações de significado importante podem ser citadas como seleção de produtor, ativação de pivô, cadastramento de plantio, gerenciamento de estações meteorológicas e cálculo manual da soma térmica.

De modo a acrescentar um mecanismo de rastreamento para verificar as modificações na soma térmica, a cada alteração de interesse para rastreamento haverá um registro em banco de dados contendo o identificador do usuário, o tipo de ação, além da data e hora de execução. Em código-fonte, quando uma chamada for feita para escrever em banco de dados, adicionalmente será escrito em uma tabela de *log* as informações de modificação para manter um histórico de operação do sistema. Desse modo, é possível agregar a responsabilidade ao executor da ação.

4.4 Leiaute das telas

Normalmente os serviços no Sistema Irriga são dispostos em abas para seleção das telas gráficas, pois assim fica mais fácil a divisão de tarefas e a construção de interfaces mais simples.

Através da disposição em abas, a nova versão para o monitoramento no desenvolvimento de culturas através do método de graus-dia possui as seguintes funcionalidades:

- descrição do sistema referencial para a área de plantio;
- seleção do sistema de plantio para variantes fixas de parentais;
- cadastramento da configuração envolvendo as informações de plantio vinculadas com os parâmetros do método de graus-dia;
- seleção das PCDs através do filtro geográfico e da qualidade dos valores de temperatura, além da habilitação manual para amostragem de cálculo;
- gerenciamento do cálculo da soma térmica por intervenção do usuário;
- apresentação dos resultados calculados pelo método de graus-dia;
- previsão do acúmulo térmico para o parental de uma cultura;
- criação do gráfico em formato JPG para os dias de monitoramento.

Em se tratando do cadastramento de plantio, a cultura que se tem sido utilizada para a solução proposta da soma térmica é o milho, pois apresenta a temperatura base e as exigências térmicas bem definidas devido a constantes pesquisas.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve por objetivo melhorar o serviço de soma térmica operante no Sistema Irriga de modo a integrar os dados de cálculo pelo método de graus-dia com as informações de plantio. Sendo assim, o acompanhamento no desenvolvimento de um cultivar de interesse econômico passa a ser mais exato devido a interpretação numérica dos valores de temperatura responsável pelo crescimento vegetal efetivo.

Além de ser uma ferramenta no auxílio a agricultura de precisão, outro fator preponderante é na pesquisa e desenvolvimento de entidades híbridas a partir do cruzamento de parentais de cultivares. Desse modo, busca-se estudar as características do novo material genético resultante de acordo com o interesse econômico, como maior resistência a condições adversas e aumento da produtividade por área de plantio. Uma vez sendo feito o cadastro de um evento fenológico de particular interesse e conhecido o respectivo valor de exigência térmica, o sistema desenvolvido permite o monitoramento tanto de forma antecipada através da previsão assim como sua manifestação efetiva. Como exemplo tem-se o caso da sincronia de parentais para geração de híbridos.

O fato de os valores calculados pelo método de graus-dia estarem armazenados em banco de dados e integrados com o cadastramento de plantio constitui uma fonte de pesquisa para estudar o comportamento de um determinado cultivar de acordo com uma microrregião climática. Desse modo, o trabalho de profissionais e pesquisadores responsáveis em analisar o desenvolvimento de um determinado cultivar em uma época do ano é facilitado fazendo uso dos dados persistentes.

A solução deste trabalho buscou relacionar áreas interdisciplinares, sendo de maior interesse nas ciências agrárias. O esforço inicial foi apresentar as definições comumente abordadas em áreas afins de modo a trazer ao conhecimento os conceitos que nortearam a composição deste trabalho de graduação em ciência da computação. Em outras palavras,

foi utilizado uma abordagem de um sistema computacional para resolver um problema comumente visto na agronomia.

Devido a solução do Sistema Irriga possuir uma estrutura heterogênea de constituição dos serviços *web*, houve um maior desafio em criar a solução para o sistema de monitoramento térmico segundo os conceitos abordados em engenharia de *software*. Uma arquitetura de desenvolvimento fundamentada em padrões de projeto e aspectos de navegabilidade propõe uma reengenharia das aplicações *web* do Sistema Irriga (JUNIOR, 2008). Como proposta de temas futuros, sugere-se:

- implementação de uma opção para comparar os valores em graus-dia calculados em relação aos valores existentes no banco de dados, caso houver, pois assim é possível confrontar as diferenças entre os resultados e a precisão de cada registro;
- possibilidade de selecionar um conjunto de estações meteorológicas independentes das quais habilitadas para o cálculo da soma térmica de modo a ter o histórico dos valores de temperatura utilizados para a previsão de eventos fenológicos;
- adicionar uma opção para o usuário especificar a regra de consideração do valor em graus-dia na data de plantio;
- oferecer um mecanismo que o usuário possa personalizar a execução automática de tarefas, como o cálculo da soma térmica pelo método de graus dia e o encerramento automático de configurações.
- permitir que o usuário possa escolher de qual *website* será lido os valores de temperatura da previsão do tempo.

Para a implementação das melhorias e novas soluções sugeridas, encoraja-se a adoção da arquitetura de desenvolvimento proposta pelo trabalho citado anteriormente, mesmo não sendo o modelo operacional no Sistema Irriga. O objetivo é que as novas soluções possam ser criadas através de uma modelagem fortemente relacionada a padrões de desenvolvimento de *software* e melhorias de acessibilidade.

REFERÊNCIAS

Aditus. **Site oficial JpGraph**. Disponível em <http://www.aditus.nu/jpgraph/index.php>, Acesso em 16/11/2009.

ALONSO, G. L.; CARLESSO, R.; PETRY, M.; BROETTO, T.; KNIES, A.; MARTINS, J. Acúmulo térmico para diferentes estágios de desenvolvimento de híbridos de milho. **XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, [S.l.], 2007.

BARBANO, M. T.; SAWAZAKI, E.; BRUNINI, O.; GALLO, P. B.; PAULO, E. M. Temperatura base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* l.) no subperíodo emergência-florescimento masculino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, [S.l.], v.11, n.1, 2000.

BONHOMME, R. Bases and limits to using 'degree.day' units. **European Journal of Agronomy**, [S.l.], 2003.

BRUNINI, O. Probabilidade de Cultivo do milho safrinha no Estado de São Paulo. **Anais. Instituto Agrônomo de Campinas**, [S.l.], 1997.

CÂMARA, G. M. Fenologia da soja. **Jornal Informações Agronômicas**, [S.l.], n.82, 1998.

CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; TROIS, C. **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas para Prover a Necessidade de Irrigação das Culturas**. Disponível em http://ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/bolivia2007/Tema%203/3.1_RCarlesso_IRRIGA_LaPaz_Set07.pdf, Acesso em 29/10/2009.

CodeIgniter. **CodeIgniter - Open source PHP web application framework**. Disponível em <http://codeigniter.com/>, Acesso em 17/11/2009.

COSTA, A. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) avaliadas em diferentes épocas de plantio**. 1994. Tese (Doutorado) — Doutorado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa.

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em <http://servicos.cptec.inpe.br/RSS/cidade/4599/previsao.xml>, Acesso em 23/12/2009.

DUARTE, A. P.; BARBANO, M. T.; BRUNINI, O.; RECO, P. C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; KANTHACK, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, [S.l.], v.9, n.2, p.261–268, 2001.

GADIOLI, J. L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A. G. y; VALLE BASANTA, M. del. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, [S.l.], v.57, n.3, jul/set 2000.

JOHN RAITHEL. **Scheduled Activity**: cron and at. Disponível em <http://www.rahul.net/raithel/MyBackPages/crontab.html>, Acesso em 22/11/2009.

JUNIOR, E. D. **Reengenharia das aplicações Web do Sistema Irriga**. Santa Maria: Curso de Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Maria., 2008.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], p.261–268, 1997.

PADILHA, L.; GUIMARÃES, C. T.; PAIVA, E. Avaliação da Pureza Genética em Sementes de Milho Utilizando Marcadores Microsatélites. **Circular Técnica da Embrapa**, [S.l.], v.30, n.1, 2003.

PINHO, E. V. R. von; CICERO, S. M.; PINHO, R. G. von. Efeito da contaminação genética em campos de produção de sementes sobre o comportamento de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, [S.l.], v.18, n.2, p.256–261, 1996.

PLETT, S. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. **Canadian Journal of Plant Science**, [S.l.], v.72, p.1157–1157, 1992.

SISTEMA IRRIGA. **Site do Projeto Sistema Irriga**. Disponível em <http://www.sistemairriga.com.br>, Acesso em 17/12/2009.

STORCK, L.; FILHO, A. C.; LOPES, S. J.; TOEBE, M.; SILVEIRA, T. R. da. Duração do Subperíodo Semeadura-Florescimento, Crescimento e Produtividade de Grãos de M0ilho em Condições Climáticas Contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, [S.l.], v.8, n.1, p.27–39, 2009.

World Wide Web Consortium. **Scalable Vector Graphics (SVG) - XML Graphics for the Web**. Disponível em <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>, Acesso em 16/11/2009.

APÊNDICE A EMISSÃO DE RELATÓRIOS DA SOMA TÉRMICA EXISTENTE

O serviço de soma térmica constituído pela consulta dos valores em graus-dia contém três telas de relatórios para divulgação dos resultados ao usuário. As capturas de tela subsequentes foram feitas de modo a exemplificar o aspecto gráfico da implementação existente no Sistema Irriga antes da concepção da nova proposta de aplicação.

A figura A.1 apresenta o relatório contendo uma sumarização da percentagem de registos utilizados a partir das fontes de dados escolhidas para o cálculo da soma térmica. Além disso, há a informação dos parâmetros de entrada quanto a escala termométrica, a temperatura base na respectiva escala, precisão, intervalo de tempo e altitude considerada. Por fim, o acúmulo térmico definido pela representação de temperatura aparece em destaque.

Fonte(s) de dados			
Estação principal:	Iraí	(utilizada em 58.8% dos resultados)	
Estação auxiliar (1):	Revaldere	(utilizada em 0.0% dos resultados)	
Estação auxiliar (2):	Vereda	(utilizada em 41.2% dos resultados)	
Opções			
Unidade de temperatura:	Fahrenheit	Temperatura base:	50,00 F
Precisão mínima:	95%		
Data / período considerado:	01/12/09 a 17/12/09	Intervalo efetivo:	16 dia(s)
Altitude considerada:	400,00 m		
Resultado			
Soma térmica:	452,08 F		

Figura A.1: captura de tela para exemplificação do relatório contendo as fontes de dados do cálculo da soma térmica, parâmetros do formulário atual e o resultado da soma térmica (SISTEMA IRRIGA, 2009).

O gráfico representativo do crescimento vegetal efetivo implementado com PHP e renderizado por SVG é exemplificado na figura A.2. Durante todas as fases de desenvolvimento de um cultivar, uma mesma temperatura base é utilizada para simplificar o

processo de monitoramento pelo método de graus-dia. Sendo assim, comumente a curva característica é uma função linear.

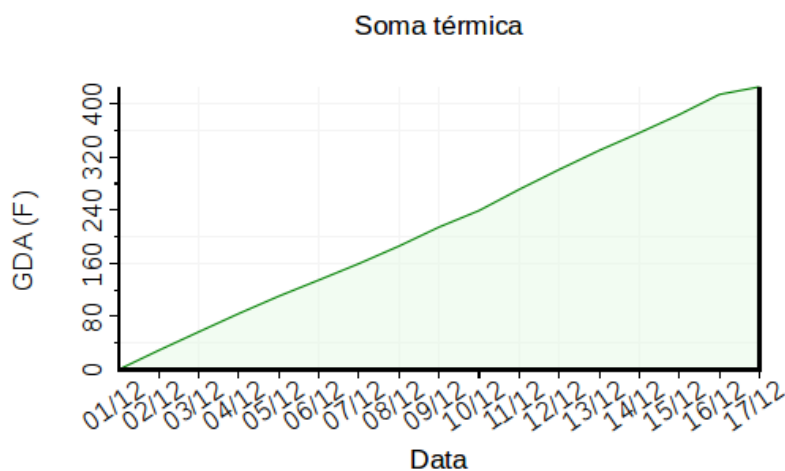


Figura A.2: gráfico em solução própria construído em SVG representando a curva do desenvolvimento vegetal em função do acúmulo térmico (SISTEMA IRRIGA, 2009).

De modo a avaliar a qualidade dos dados lidos pelas estações meteorológicas, o relatório representado na figura A.3 contém o acúmulo térmico diário seguido pela precisão dos registros de temperatura. Caso algum valor estiver abaixo da precisão exigida para o cálculo, os valores de precisão são destacados para indicar uma investigação técnica.

Data	Precisão (%)		GD	GDA	Estação	Auxiliar
	Registros	Temperatura				
01/12/2009	100,00	100,00	26,61	26,61	Irai	-
02/12/2009	100,00	100,00	28,86	55,48	Irai	-
03/12/2009	100,00	100,00	27,87	83,34	Irai	-
04/12/2009	100,00	100,00	27,55	110,89	Irai	-
05/12/2009	100,00	100,00	26,18	137,07	Irai	-
06/12/2009	100,00	100,00	24,30	161,38	Irai	-
07/12/2009	100,00	100,00	24,66	186,04	Irai	-
08/12/2009	100,00	100,00	26,36	212,39	Irai	-
09/12/2009	100,00	100,00	28,63	241,02	Irai	-
10/12/2009	100,00	100,00	24,86	265,88	Irai	-
11/12/2009	100,00	100,00	31,76	297,64	Vereda	sim
12/12/2009	100,00	100,00	29,97	327,61	Vereda	sim
13/12/2009	100,00	100,00	28,79	356,40	Vereda	sim
14/12/2009	100,00	100,00	26,41	382,81	Vereda	sim
15/12/2009	100,00	100,00	27,55	410,36	Vereda	sim
16/12/2009	100,00	100,00	30,28	440,64	Vereda	sim
17/12/2009	31,25	31,25	11,43	452,08	Vereda	sim

Figura A.3: tabela contendo o valor do acúmulo térmico em cada dia do intervalo de consulta, assim como a PCD correspondente e a precisão dos valores (SISTEMA IRRIGA, 2009).

Com o exemplo das capturas de tela, é possível verificar que não há um relaciona-

mento dos valores calculados pelo método de graus-dia com as informações de plantio, tampouco com o estágio de desenvolvimento de um cultivar de interesse econômico. Por essa razão, criou-se uma solução para relacionar o acúmulo em graus-dia com o desenvolvimento fenológico de modo a ter um acompanhamento efetivo aplicável à nível de campo.

APÊNDICE B ASPECTO GRÁFICO DO SERVIÇO DE SOMA TÉRMICA IMPLEMENTADO

O serviço de soma térmica implementado possui o objetivo de integrar os parâmetros do método de graus-dia com as informações de plantio. Desse modo, estabelece-se uma relação entre o desenvolvimento de um cultivar de acordo com o cálculo de soma térmica tendo os valores da temperatura ambiente. Além disso, o critério de escolha das estações meteorológicas foi melhorado considerando o pivô referencial para a área de plantio. As capturas de tela a seguir oferecem uma noção das funcionalidades do sistema.

A figura B.1 corresponde a uma consulta para seleção de produtor para fazer parte do sistema de soma térmica. Trata-se de uma tela simples cujo objetivo é marcar a participação no Sistema Irriga mediante contrato.

Seleção	Usuário	Nome	Município	Selecionado
<input type="checkbox"/>	Abreu	Carlos Gomes Abreu Neto	Ibirubá/RS	sim

Figura B.1: captura da tela de seleção do produtor para integração no serviço da soma térmica (SISTEMA IRRIGA, 2009).

A partir da seleção de produtor, é possível ativar os pivôs para cadastramento. Os pivôs são vinculados ao produtor selecionado, conforme a figura B.2, por isso é necessário a seleção prévia dos produtores.

O serviço de soma térmica foi implementado dividindo as funcionalidades em abas, assim facilitando a divisão de tarefas. A aba “Informações”, estando representada na figura B.3, remete ao usuário a descrição do pivô referencial da área de plantio, como a

Filtrar por...

Estado: Usuário: Busca: Nome do produtor:

1 produtor(es) encontrado(s)

Usuário	Nome	Município
Abreu	Carlos Gomes Abreu Neto	Ibirubá/RS

pivô 01 ativo
 pivô 02 ativo
 pivô 03 não-ativo
 pivô 04 ativo
 pivô 05 não-ativo
 pivô 06 não-ativo
 pivô 07 ativo
 pivô 08 não-ativo
 pivô 09 não-ativo
 pivô 10 não-ativo
 pivô 11 não-ativo
 pivô 12 não-ativo

Figura B.2: captura de tela de ativação dos pivôs referente a um produtor (SISTEMA IRRIGA, 2009).

área de plantio, latitude, longitude e altitude.

O sistema de plantio contextualiza a técnica de cruzamento de parentais para geração de sementes híbridas. Como indicado na figura B.4, as variantes são estabelecidas de modo estático, pois, segundo especificações de implementação, não é comum a modificação na disposição de parentais.

A etapa de cadastramento dos dados de plantio relacionado com os parâmetros do cálculo da soma térmica pelo método de graus-dia está representado na aba “Configuração” da figura B.5. Nessa etapa, existe a definição dos estádios fenológicos cujo interesse esteja em realizar o monitoramento.

Uma vez tendo sido realizada a configuração de uma área de plantio, a seleção de estações meteorológicas para compor a amostragem de cálculo deve ser feita. A captura de tela exemplificando o processo está na figura B.6. Nesse caso, existe uma limitação definida pelo usuário, sendo que a distância máxima e a variação de altitude está rela-

Informações	Sistema	Configuração	Estações	Cálculo	Resultado	Previsão	Gráfico
Sistema referencial do acompanhamento de acúmulo térmico							
(Abreu) Carlos Gomes Abreu Neto				Ibirubá/RS			
ID	3	Latitude	28° 35' 51.0" S				
Nome	04	Longitude	53° 23' 25.8" W				
Área	59,00	Altitude	454,00 m				

Figura B.3: captura de tela mostrando as informações do pivô referencial da área de plantio (SISTEMA IRRIGA, 2009).

Informações	Sistema	Configuração	Estações	Cálculo	Resultado	Previsão	Gráfico
Sistema de plantio para a configuração							
#	Primeiro (referente a data de semeadura)	Segundo (referente a quantidade de HU)	Terceiro (referente a quantidade de HU)				
<input type="radio"/>	Fêmea	Macho					
<input type="radio"/>	Macho	Fêmea					
<input type="radio"/>	Primeiro macho	Segundo macho	Fêmea				
<input type="radio"/>	Primeiro macho	Fêmea	Segundo macho				
<input checked="" type="radio"/>	Fêmea	Primeiro macho	Segundo macho				
Existe uma configuração em andamento relacionada ao sistema.							
Redefinir o sistema de plantio fará com que todos os registros de configuração, estações e acúmulo térmico sejam apagados.							
<input type="button" value="Salvar"/>							

Figura B.4: captura de tela tendo os tipos de sistema de plantio de acordo com o esquema de parentais adotado para aplicação à nível de campo (SISTEMA IRRIGA, 2009).

cionada com a localização e a altitude do pivô referencial, respectivamente.

O cálculo da soma térmica é realizado de modo automático após concluído a habilitação das estações meteorológicas. Por outro lado, é conveniente disponibilizar um serviço para o gerenciamento manual do cálculo, sendo representado na figura B.7. Tanto é possível calcular todos os registros de graus-dia, assim como um intervalo de tempo entre a data de semeadura e a data atual do sistema.

O resultado do cálculo da soma térmica pode ser verificado na aba “Resultado”, conforme representado na figura B.8. Através disso, a precisão dos registros das estações meteorológicas são avaliados de acordo com o mínimo estabelecido na etapa de configuração. Além disso, associado aos resultados, a previsão dos eventos fenológicos são determinados de acordo com os valores calculados em graus-dia e a consulta dos dados de temperatura da previsão do tempo.

Uma abordagem mais interativa da previsão de eventos pode ser vista na figura B.9 de modo a facilitar a visualização. A partir de uma faixa de tempo em relação a data atual, o sistema estabelece cores para oferecer um panorama de acontecimentos. A cor cinza

Configuração da área do pivô

Área de plantio
 59
Cultura
 Milho
Informação sobre a classe: II (1480 - 1560)F; P < 3000MF; B < 210 cm
Altitude
 454
Unidade de temperatura
 Fahrenheit (F)

Nome sub-área
 TESTE
Classe
 II - P - B
Precisão
 95%
Temperatura base
 50

Data de semeadura (fêmea): 07/12/09

Descrição	Quantidade HU
1 Primeiro macho	164
2 Segundo macho	215
3 5% silking	390
4 Maturação fisiológica	590
5 Colheita	810

† A modificação do valor implica na redefinição de todo o cálculo do acúmulo térmico.

Figura B.5: captura de tela contendo o formulário de cadastramento dos dados de plantio e dos parâmetros para o método de graus-dia (SISTEMA IRRIGA, 2009).

indica que o evento já foi atingido na faixa de data. A cor verde é a presença dos valores de acúmulo térmico em banco de dados. A cor amarela são as estimativas de previsão. Finalmente, a cor vermelha indica a ocorrência estimada do evento.

A curva do crescimento vegetal efetivo criada em JPGGraph é vista na figura B.10. Trata-se de uma maneira complementar de verificação dos valores em graus-dia, sendo que o comportamento esperado é uma função linear entre os dias de monitoramento e o acúmulo térmico decorrente.

Através das capturas de tela apresentadas, a implementação do sistema de soma térmica pode ser considerado como uma melhoria do serviço operante, o qual consiste em uma consulta dos valores de graus-dia. A interface gráfica foi mantida conforme o leiaute padrão do Sistema Irriga de modo ser uma ferramenta integrante para utilização constante à nível de campo.

#	Estação	Local	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Distância
<input type="checkbox"/>	Bohrz	Granja 3 Irmãos	Cruz Alta/RS	28° 39' 3.0" S	53° 25' 58.0" W	460,00 m	7,21 km
<input type="checkbox"/>	Pedro Dilly	Pedro Dilly	Santa Bárbara do Sul/RS	28° 30' 19.0" S	53° 15' 57.0" W	450,00 m	15,92 km
<input type="checkbox"/>	E - Fundacep	INMET	Cruz Alta/RS	28° 36' 0.0" S	53° 39' 57.6" W	432,00 m	26,95 km
<input type="checkbox"/>	Fundacep	Fundacep	Cruz Alta/RS	28° 36' 3.0" S	53° 40' 55.0" W	460,00 m	28,51 km
<input type="checkbox"/>	Tarumã	Tarumã	Jóia/RS	28° 51' 37.1" S	54° 01' 37.4" W	507,00 m	68,67 km

#	Estação	Local	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Distância	Uso GDA
<input checked="" type="checkbox"/>	Bohrz (37)	Granja 3 Irmãos	Cruz Alta/RS	28° 39' 3.0" S	53° 25' 58.0" W	460,00 m	7,21 km	sim
<input checked="" type="checkbox"/>	Pedro Dilly (73)	Pedro Dilly	Santa Bárbara do Sul/RS	28° 30' 19.0" S	53° 15' 57.0" W	450,00 m	15,92 km	sim
<input checked="" type="checkbox"/>	E - Fundacep (1016)	INMET	Cruz Alta/RS	28° 36' 0.0" S	53° 39' 57.6" W	432,00 m	26,95 km	sim

Figura B.6: captura de tela apresentado os passos para seleção das estações meteorológicas na amostragem de cálculo da soma térmica (SISTEMA IRRIGA, 2009).

#	Estação	Local	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Distância	Uso GDA
<input checked="" type="checkbox"/>	Bohrz (37)	Granja 3 Irmãos	Cruz Alta/RS	28° 39' 3.0" S	53° 25' 58.0" W	460,00 m	7,21 km	sim
<input checked="" type="checkbox"/>	Pedro Dilly (73)	Pedro Dilly	Santa Bárbara do Sul/RS	28° 30' 19.0" S	53° 15' 57.0" W	450,00 m	15,92 km	sim
<input checked="" type="checkbox"/>	E - Fundacep (1016)	INMET	Cruz Alta/RS	28° 36' 0.0" S	53° 39' 57.6" W	432,00 m	26,95 km	sim

#	Estação	Local	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Distância	Uso GDA
<input checked="" type="checkbox"/>	Bohrz (37)	Granja 3 Irmãos	Cruz Alta/RS	28° 39' 3.0" S	53° 25' 58.0" W	460,00 m	7,21 km	sim
<input checked="" type="checkbox"/>	Pedro Dilly (73)	Pedro Dilly	Santa Bárbara do Sul/RS	28° 30' 19.0" S	53° 15' 57.0" W	450,00 m	15,92 km	sim
<input checked="" type="checkbox"/>	E - Fundacep (1016)	INMET	Cruz Alta/RS	28° 36' 0.0" S	53° 39' 57.6" W	432,00 m	26,95 km	sim

Figura B.7: captura de tela exemplificando o gerenciamento do cálculo da soma térmica (SISTEMA IRRIGA, 2009).

Informações	Sistema	Configuração	Estações	Cálculo	Resultado	Previsão	Gráfico
Acompanhamento fenológico das exigências térmicas							
Evento	Quantidade HU	Data de previsão	Data de registro				
Primeiro macho	164	16/12/2009	16/12/2009				
Segundo macho	215	18/12/2009	18/12/2009				
5% silking	390	24/12/2009	24/12/2009				
Maturação fisiológica	590	31/12/2009	--				
Colheita	810	10/01/2010	--				
Informação							
A quantidade HU para "5% silking" já foi atingida.							
A quantidade HU para "Segundo macho" já foi atingida.							
A quantidade HU para "Primeiro macho" já foi atingida.							
Resultado do acúmulo térmico							
Data do registro	DAS	GD (HU)	GDA (HUs)	Precisão	PCD	Altitude	Distância PCD
(3) pivô 04 TESTE							
08/12/2009	0	19,91	19,91	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
09/12/2009	1	21,04	40,95	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
10/12/2009	2	22,80	63,74	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
11/12/2009	3	23,17	86,92	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
12/12/2009	4	15,26	102,18	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
13/12/2009	5	14,06	116,24	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
14/12/2009	6	20,20	136,43	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
15/12/2009	7	25,83	162,26	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
16/12/2009	8	26,49	188,75	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
17/12/2009	9	23,53	212,28	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
18/12/2009	10	26,19	238,47	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
19/12/2009	11	29,74	268,21	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
20/12/2009	12	30,55	298,76	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
21/12/2009	13	28,11	326,87	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
22/12/2009	14	29,20	356,07	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
23/12/2009	15	28,24	384,31	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
24/12/2009	16	27,25	411,56	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
25/12/2009	17	27,56	439,12	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
26/12/2009	18	29,11	468,23	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
27/12/2009	19	27,03	495,25	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
28/12/2009	20	29,22	524,47	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
29/12/2009	21	30,85	555,32	100,00%	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km
30/12/2009	22	1,98	557,31	8,33% !	E - Fundacep	432,00 m	26,95 km

Figura B.8: captura de tela tendo os resultados dos valores acumulados em graus-dia (SISTEMA IRRIGA, 2009).



Figura B.9: captura de tela tendo a aparência gráfica da previsão de eventos fenológicos (SISTEMA IRRIGA, 2009).

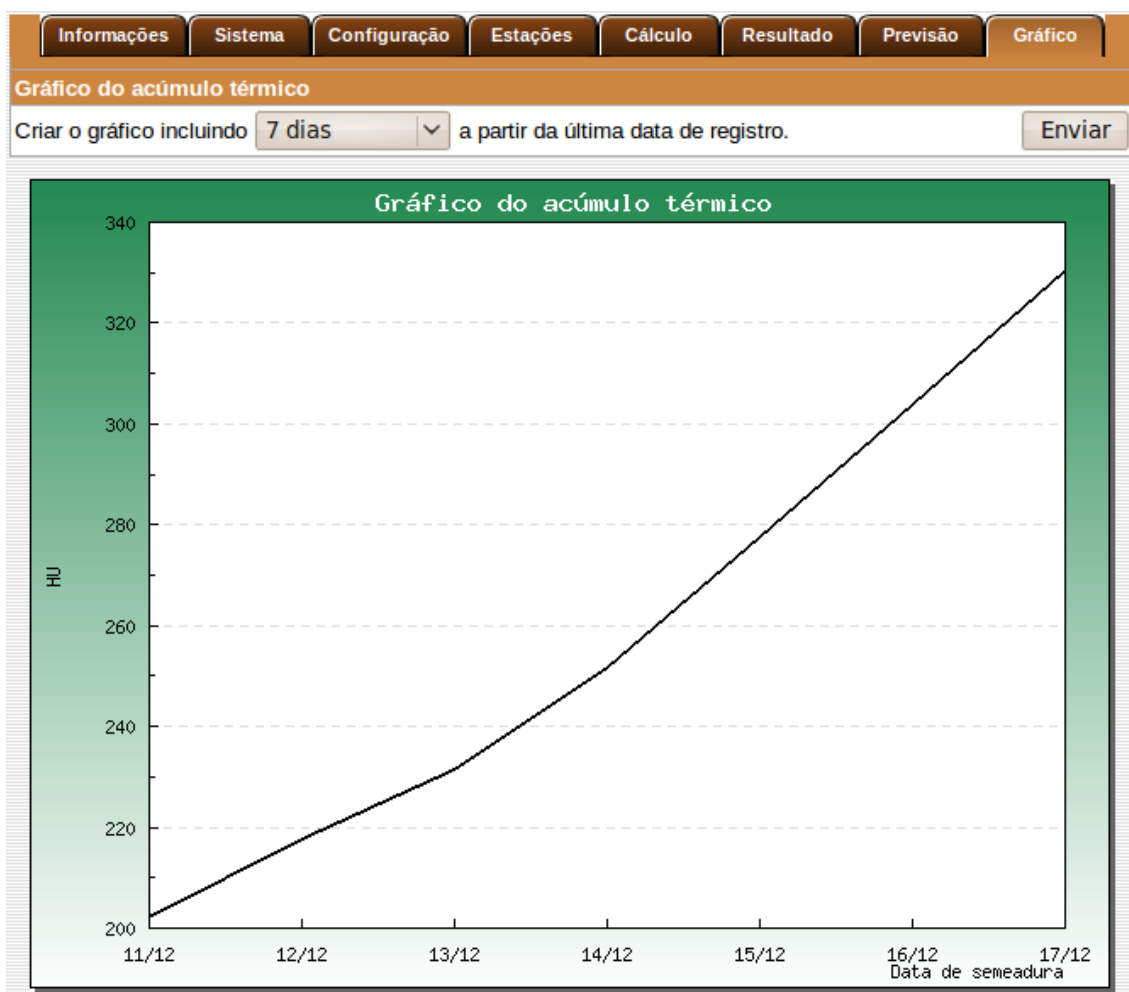


Figura B.10: captura de tela do gráfico contendo a curva de crescimento vegetal efetivo como função entre o dia e o acúmulo térmico correspondente. (SISTEMA IRRIGA, 2009).

APÊNDICE C XML DE REQUISIÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA

A leitura dos dados de previsão feitos pela Internet é determinado por uma requisição HTTP através do envio de parâmetros por GET, sendo que o *link* está exemplificado na figura 4.3. O pedido é retornado com o XML definido abaixo, o qual representa um *feed* RSS de sindicância de dados. A fonte pode ser vista em (CPTEC, 2009).

O *parser* realiza a varredura pelos valores de temperatura lendo o conteúdo das *tags* <description> ... </description>. A partir de então, a cadeia de caracteres é avaliada por meio de expressões regulares em PHP para separação dos valores de temperatura mínimo e máximo.

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<rss version="2.0">
  <channel>
    <generator>CidadesRSS</generator>
    <title>Previsão de Tempo CPTEC/INPE</title>
    <link>http://www.cptec.inpe.br</link>
    <description>Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/INPE</description>
    <language>pt-br</language>
    <image>
      <url>http://img0.cptec.inpe.br/~rgrafico/portal_home/img/new_rss.jpg</url>
      <title>CPTEC/INPE</title>
      <link>http://www7.cptec.inpe.br</link>
      <width>144</width>
      <height>58</height>
    </image>
    <item>
      <title>Santa Maria-RS</title>
      <pubDate>Wed, 23 Dec 2009 00:00:00 -0200</pubDate>
      <description>
        <![CDATA[<b><br>Qua, 23/12</b> - Min: 20°C Máx: 33°C <br><br>
<b>Previsão para os próximos dias: </b><br>]]>
      </description>
      <urlTarget>_blank</urlTarget>
      <link>
        <![CDATA[http://tempo1.cptec.inpe.br/cidades/previsao.do?parameter=tempo&id=4599]]>
      </link>
      <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
      <category>CidadesRSS</category>
    </item>
    <item>
      <description>
        <![CDATA[<b>Qui, 24/12</b> - Min: 22°C Máx: 29°C
        Condição: Pancadas de Chuva]]>
      </description>
```

```

    <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
    <category>CidadesRSS</category>
</item>
<item>
  <description>
    <![CDATA[<b>Sex, 25/12</b> - Min: 21°C Máx: 30°C
      Condição: Pancadas de Chuva]]>
  </description>
  <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
  <category>CidadesRSS</category>
</item>
<item>
  <description>
    <![CDATA[<b>Sáb, 26/12</b> - Min: 22°C Máx: 30°C
      Condição: Pancadas de Chuva]]>
  </description>
  <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
  <category>CidadesRSS</category>
</item>
<item>
  <description>
    <![CDATA[<b>Dom, 27/12</b> - Min: 20°C Máx: 29°C
      Condição: Pancadas de Chuva]]>
  </description>
  <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
  <category>CidadesRSS</category>
</item>
<item>
  <description>
    <![CDATA[<b>Seg, 28/12</b> - Min: 20°C Máx: 29°C
      Condição: Possibilidade de Pancadas de Chuva]]>
  </description>
  <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
  <category>CidadesRSS</category>
</item>
<item>
  <description>
    <![CDATA[<b>Ter, 29/12</b> - Min: 22°C Máx: 28°C
      Condição: Pancadas de Chuva]]>
  </description>
  <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
  <category>CidadesRSS</category>
</item>
<item>
  <description><![CDATA[ <br>Atualizado em:23/12/2009]]></description>
</item>
<item>
  <title> >> Veja a Previsão Estendida</title>
  <link><![CDATA[http://servicos.cptec.inpe.br/RSS/cidade/4599/estendida.xml]]></link>
  <author>atendimento@cptec.inpe.br</author>
  <category>CidadesRSS</category>
</item>
</channel>
</rss>

```