

UNIJUÍ
UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL

DCEEng
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**UMA PROPOSTA DE MODELAGEM CONCEITUAL PARA
AGRICULTURA DE PRECISÃO APLICADA AO PROJETO
AGROMOBILE**

DANIEL LUAN ROSSI

Santa Rosa, RS - Brasil
2014

DANIEL LUAN ROSSI

**UMA PROPOSTA DE MODELAGEM CONCEITUAL PARA
AGRICULTURA DE PRECISÃO APLICADA AO PROJETO
AGROMOBILE**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Ciência da Computação da Universidade do Noroeste do Estado do RS como requisito básico para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Profº Dr. Gerson Battisti

Santa Rosa – RS
2014

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por sempre iluminar meu caminho. Aos meus pais, por terem sempre me apoiado em todos os momentos que precisei.

Agradeço ao meu irmão Bruno, cujo exemplo de dedicação eu procuro sempre seguir. À Betina, por todo o amor, carinho e compreensão. Ao meu orientador, Gerson Battisti, pela paciência com que conduziu os encontros de orientação, e a disposição que teve em todos eles para tirar minhas dúvidas. Agradeço também ao professor Vinícius Maran, que foi meu orientador no projeto e também na fase inicial do trabalho, pelo conhecimento e as dicas que me ajudaram até a conclusão. Deixo também meu agradecimento aos Engenheiros Agrônomos Eduardo Rech e Mariângela Johann, que gentilmente compartilharam seus conhecimentos.

Agradeço a todos os colegas que estiveram comigo durante esses seis anos de graduação, principalmente pelas amizades criadas durante esse tempo, e também a todos os professores do curso de Ciência da Computação pelos conhecimentos e experiências transmitidos.

RESUMO

Conforme a computação é inserida nas mais variadas áreas da sociedade, a necessidade do profissional aprender sobre novas áreas de conhecimento é crescente. Para que possa entender o domínio sobre o qual irá realizar seu trabalho, é necessário estudar os mais variados conceitos, e até mesmo tornar-se quase como um especialista no assunto. Além disso, também há a necessidade de contato com profissionais da área para troca de experiências que só podem ser adquiridas com a vivência e atuação direta. Com o desenvolvimento do projeto AgroMobile, surge a necessidade de criação de um modelo conceitual da área de Agricultura de Precisão. A partir disso, também é preciso verificar se as linguagens de modelagem orientadas a objetos, como a UML, podem ser utilizadas para tal tarefa. Este trabalho propõe, utilizando UML, o desenvolvimento desse modelo conceitual, para que o mesmo possa fornecer dados confiáveis a todos os outros módulos do projeto que venham a utilizá-lo, e auxiliar nas decisões que o sistema irá recomendar ao agricultor.

Palavras chave: Modelagem Conceitual, UML, Agricultura de Precisão, Recomendação.

ABSTRACT

As computation is inserted in the most varied areas of society, the need for the professional to learn about new areas of knowledge is growing. In order to understand the domain about which the work will be developed, it is necessary to study the most varied concepts, and even turn into a specialist in the matter. Also, there is the need to keep contact with professionals from the area, to share experiences that can only be acquired with the living and direct action. With the development of AgroMobile project, there is a need to create a conceptual model of the Precision Agriculture area. From that, it is also necessary to verify if Object Oriented conceptual modelling languages, such as UML, can be used for this task. This work purposes, the development of this conceptual model using UML, in order to provide reliable data to all other modules of the project that will use it, and assist in the decisions that the system will recommend to the farmer.

Keywords: Conceptual Modelling, UML, Precision Agriculture, Recommendation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da Agricultura de Precisão.	21
Figura 2 - Exemplo de mapa de produtividade.	28
Figura 3 - Módulos do projeto AgroMobile.....	30
Figura 4 - Diagrama de Casos de Uso da Agricultura de Precisão	34
Figura 5 - Diagrama de Atividades: Fases da Agricultura de Precisão	35
Figura 6 - Diagrama de Atividades: Processo de amostra de solo para análise laboratorial	36
Figura 7 - Diagrama de Classes: Classes identificadas no processo de coleta de amostra de solo, diagnóstico e correção, e seus relacionamentos	36
Figura 8 - Diagrama de Atividades: Tipos de adubação	37
Figura 9 - Diagrama de Sequência: Decisão baseada na troca de mensagens entre o teor de Argila encontrado na amostra e a recomendação de Classe Textural do solo	38
Figura 10 - Diagrama de Classes: Relação entre as classes definidas para amostra sensorial	39
Figura 11 - Diagrama de Atividades: Fluxo de atividades para verificação das condições de plantio .	40
Figura 12 - Diagrama de Atividades: decisão baseada na escolha entre atividades.....	41
Figura 13 - Diagrama de Atividades: troca de mensagens para verificar a umidade do solo	41
Figura 14 - Exemplo de caso de uso textual.....	51
Figura 15 – Exemplo de diagrama de casos de uso.....	52
Figura 16 – Exemplo de diagrama de Atividades simples.	53
Figura 17 – Exemplo de diagrama de classes simples	54
Figura 18 – Propriedades de um pedido como atributos.	55
Figura 19 – Exemplo de associação bidirecional.	56
Figura 20 – Exemplo de diagrama de sequência para controle distribuído.....	59
Figura 21 - Intervalos do teor de umidade para as classes de solo.....	68
Figura 22 - Condições para verificação do teor de Cálcio na amostra de solo	71
Figura 23 - Condições para verificação do teor de Enxofre na amostra de solo	71
Figura 24 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 1	72
Figura 25 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 2.....	73
Figura 26 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 3.....	74
Figura 27 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 4.....	75
Figura 28 - Condições para verificação do teor de Magnésio na amostra de solo	75
Figura 29 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Resina de Troca Aniônica em Lâminas para Classe Textural 1 na amostra de solo	76
Figura 30 - Condições para verificação do teor de Matéria Orgânica na amostra de solo	76
Figura 31 - Condições para verificação do teor de Boro na amostra de solo	77
Figura 32 - Condições para verificação do teor de Cobre na amostra de solo	77
Figura 33 - Condições para verificação do teor de Manganês na amostra de solo.....	78
Figura 34 - Condições para verificação do teor de pH (Saturação por Al) na amostra de solo	78
Figura 35 - Condições para verificação do teor de pH (Saturação por Bases) na amostra de solo	79

Figura 36 - Diagrama de Atividades: Fluxo de atividades para verificação das condições de acompanhamento da lavoura.....	80
Figura 37 - Diagrama de Atividades: Fluxo de atividades para verificação das condições de colheita	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de diagramas da UML 2.2.....	16
Quadro 2 - Determinação da classe do solo de acordo com os teores de argila.....	60
Quadro 3 – Teor de fósforo no solo, extraído através da solução de Mehlich-1.....	61
Quadro 4 – Teor de fósforo no solo, extraído por resina de troca aniônica em lâminas.....	61
Quadro 5 – Teor de potássio no solo, extraído através da solução de Mehlich-1.....	62
Quadro 6 – Teor de matéria orgânica no solo.....	62
Quadro 7 – Teores de Cálcio, Magnésio e Enxofre.....	63
Quadro 8 – Teores de micronutrientes.....	63
Quadro 9 – Critério do pH em água e recomendações.....	64
Quadro 10 – Critério da Saturação por Bases e recomendações.....	64
Quadro 11 – Critério da Saturação por Al e recomendações.....	64
Quadro 12 – Valores para adubação de manutenção.....	66
Quadro 13 – Condições e recomendações para aplicação de defensivos.....	69
Quadro 14 – Condições e recomendações para irrigação.....	70
Quadro 15 – Condições climáticas para colheita da soja.....	70

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
Problemas e Objetivos	11
Organização do Texto	11
MODELAGEM CONCEITUAL E ONTOLOGIAS	12
1.1. Linguagens e Ferramentas para Modelagem Conceitual	14
1.1.1. <i>UML</i>	14
1.1.2. <i>Utilização da UML para Modelagem de um Domínio Real</i>	16
AGRICULTURA DE PRECISÃO	18
2.1. Preparação do Solo	21
2.1.1. <i>Amostragem de Solo</i>	22
2.1.2. <i>Análise em Laboratório</i>	23
2.1.3. <i>Diagnóstico e Interpretação dos Resultados Analíticos</i>	23
2.1.4. <i>Correção e Aplicação de Fertilizantes</i>	24
2.2. Técnicas de Plantio	24
2.2.1. <i>Plantio Convencional</i>	24
2.2.2. <i>Plantio Direto</i>	25
2.3. Acompanhamento da Lavoura	26
2.3.1. <i>Irrigação</i>	26
2.4. Colheita	27
UMA PROPOSTA DE MODELAGEM CONCEITUAL PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO APLICADA AO PROJETO AGROMOBILE	29
3.1. Projeto AgroMobile	29
3.1.1. <i>Módulos da Arquitetura</i>	30
3.1.2. <i>Representação do conhecimento</i>	31
3.2. Modelo UML da Agricultura de Precisão	33
CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXO A – DIAGRAMAS DA UML	50
ANEXO B – DADOS COLETADOS	60
ANEXO C – DIAGRAMAS UML DESENVOLVIDOS	71

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vive um momento em que não é mais vista somente como uma atividade primária isolada, mas pode ser associada aos setores industriais e comerciais (ASSAD ET AL., 2004, p. 6).

Ao atingir este patamar de mercado, a utilização de tecnologias para a área agrícola já é uma realidade no cenário brasileiro, visto o crescimento exponencial da produção de grãos no país. Apesar disso, os sistemas atuais possuem alto custo, além de serem específicos para as respectivas operações nas quais são empregados. Mesmo o Brasil sendo conhecido como o celeiro do mundo, devido à abundância de recursos naturais disponíveis para a agricultura, bem como o clima favorável, ainda há certa resistência por parte dos produtores para utilização das novas tecnologias voltadas para a agricultura.

Devido às grandes necessidades de alto rendimento e controle operacional, as áreas da computação e agronomia têm se tornado muito próximas uma da outra. A utilização de sistemas de computador é hoje um fator fundamental em todas as operações realizadas pelos agricultores em suas lavouras.

Segundo Santos et al. (2007, p. 1), o processo de agricultura possui uma nova visão ao agregar técnicas de geoprocessamento e o sistema de posicionamento global, juntamente com técnicas tradicionais para coleta de dados. Desta forma, há um acréscimo considerável na quantidade de dados obtidos no campo, o que enriquece o trabalho de análise posterior por especialistas da área.

Ainda de acordo com Santos et al. (2007, p. 1-2), as informações coletadas no campo se dispõem de diversas formas, devido à vastidão da área. Para maior eficácia, os dados devem ser eficientemente coletados, organizados e armazenados para que possam ser preservados para a aplicação em demais tarefas.

Estas características retratam a dificuldade na construção de sistemas específicos, pois devemos considerar a potencial diversidade de provedores e formatos de dados (MURAKAMI, 2007, p. 136).

Existem diversas arquiteturas desenvolvidas para tratar dados obtidos através da agricultura de precisão. Dentre elas está o projeto AgroMobile (AGROMOBILE..., 2012, p. 1) que, utilizando técnicas de computação pervasiva e redes de sensores, visa o desenvolvimento de uma ferramenta que alie tecnologia com baixo custo, sendo acessível aos pequenos produtores para o gerenciamento e controle de sua produção agrícola.

Problemas e Objetivos

O desenvolvimento de sistemas para uma área de conhecimento específica passa por etapas de modelagem e projeto, onde se deve definir o formato das informações relevantes do domínio. Comumente utilizadas para este fim, as Linguagens de Domínio Específico (DSL) têm sido muito difundidas entre os projetistas de sistemas.

A falta, porém, de uma DSL específica para o domínio da Agricultura de Precisão, nos leva a duas alternativas: a criação de uma nova DSL ou, conforme proposto por Evermann (2003, p. 1-394), a utilização da UML para tal propósito.

Diante deste problema, este trabalho propõe, com base no artigo de Evermann (2003, p. 1-394), estabelecer uma modelagem conceitual utilizando diagramas da UML, de forma a descrever o domínio da Agricultura de Precisão em formato de orientação a objetos, com foco principal para as informações necessárias ao projeto AgroMobile. Esta modelagem, realizada a partir de pesquisa bibliográfica na área de Agricultura de Precisão, será aplicada a uma ontologia, para que seu conhecimento possa ser testado e validado.

Organização do Texto

O trabalho está organizado da seguinte forma: O Capítulo 2 apresenta estudos realizados sobre as áreas de Modelagem Conceitual e Ontologias. O Capítulo 3 contém o referencial teórico acerca da Agricultura de Precisão. O Capítulo 4 descreve a visão geral do projeto AgroMobile e contém o desenvolvimento da modelagem proposta. O Capítulo 5 apresenta as conclusões, juntamente com os resultados obtidos e a proposta de trabalhos futuros. O Anexo A descreve os conceitos sobre UML e os diagramas utilizados no trabalho. O Anexo B contém os dados coletados através da pesquisa na área de Agricultura de Precisão. O Anexo C contém os diagramas UML que compõem a modelagem conceitual desenvolvida.

MODELAGEM CONCEITUAL E ONTOLOGIAS

De acordo com Villela et al. (2004, p. 1), a modelagem conceitual consiste numa atividade importante no projeto de sistemas, pois é a partir dela que se obtém estruturação dos conceitos abstraídos de um domínio do mundo real, permitindo sua incorporação em um sistema de informação.

Para que a modelagem conceitual possa ser uma descrição adequada da realidade do domínio do problema, ela deve apresentar informações precisas e claras, não permitindo a ocorrência de ambiguidades sobre os aspectos que devem ser modelados. Porém, nem sempre os profissionais responsáveis pela tarefa de modelagem possuem um conhecimento claro sobre os objetos do domínio e termos que o denotam, o que pode levar a modelos conceituais que apresentam falhas sob o aspecto semântico. As informações podem ser obtidas a partir de uma análise mais detalhada das propriedades dos objetos de um domínio. Esta análise, denominada análise ontológica, pode ser utilizada como fonte de conhecimento para modeladores conceituais, possibilitando minimizar a ocorrência de erros semânticos em seus modelos. (VILLELA ET AL., 2004, p. 2).

“Nos últimos 10 anos, desenvolvemos uma postura de pesquisa que vem privilegiando o estudo sistemático das teorias subjacentes a essas áreas, relativas à construção de modelos conceituais, que permitem a elaboração de linguagens documentárias, sistemas computacionais, hipertextos, sistemas voltados para a construção de bases de conhecimento – os chamados sistemas especialistas – e, mais recentemente, no âmbito da inteligência artificial, as ontologias” (DE ALMEIDA CAMPOS, 2001, p. 1-131; 2004, p. 1).

A modelagem conceitual é a primeira tarefa no desenvolvimento de sistemas de informação, pois se concentra na descrição do domínio do mundo real através de modelos conceituais. Esses modelos são descrições do mundo real independente de qualquer aspecto de sistemas de informação ou tecnologia de informação (EVERMANN, 2003, p. 2 apud MYLOPOULOS, 1992, p. 1-20).

A ontologia é um ramo da ciência que estuda a organização e a natureza do mundo (GUARINO, 1995, p. 1-13). Na área de representação do conhecimento, esse termo refere-se a uma especificação de uma conceituação (GRUBER, 1995, p. 1), ou seja, a descrição de todos os conceitos e relações que existem em um determinado domínio.

Villela et al. (2004, p. 1-16) estabelece uma comparação entre modelagem conceitual e modelagem ontológica: na modelagem conceitual é realizada a identificação, análise e descrição dos elementos e restrições de um domínio do mundo real, normalmente utilizando uma linguagem de modelagem, a fim de que tais elementos sejam incorporados a um sistema de informação. Já a modelagem ontológica pode ser definida como a criação de uma ontologia específica de domínio, através da captura das entidades relevantes do domínio e incorporação

das mesmas em um conjunto de categorias que revelam sua natureza, por meio de uma linguagem de especificação de ontologia.

Villela et al. (2004, p. 3) observa a forte semelhança entre os dois tipos de modelagem, pois ambos objetivam a captura e modelagem de elementos do mundo real. A diferença entre ambas é que, enquanto na modelagem conceitual se busca estabelecer as relações entre conceitos abstraídos de um domínio, na modelagem ontológica o objetivo é identificar os objetos e entender sua natureza por meio da descrição de suas propriedades. O autor cita que ambas as modelagens são complementares, pois a modelagem ontológica pode constituir-se numa base para modelagem conceitual, provendo ao projetista, de forma clara e sem ambiguidades, o conhecimento necessário sobre o domínio a ser modelado.

De acordo com Victorette et al. (2008, p. 1) artefatos e técnicas da Engenharia de Software estão consolidados no ambiente empresarial de desenvolvimento, e podem ser utilizados no processo de construção de ontologias.

Stefancik (2011, p. 7) cita que, na fase inicial da análise, o primeiro passo é descrever a realidade, ou organizar o domínio, de forma a auxiliar na identificação de objetos de interesse e relações entre eles. Objetos de interesse são todos aqueles relacionados ao domínio que nos interessa. Nesse conceito estão englobados os processos básicos com os quais o software trabalhará. O relacionamento entre objetos de interesse representa como eles irão coagir. O último passo é descrever a semântica dos objetos e relacionamentos, para definir a forma como eles serão vistos, eliminando ambiguidades e contribuindo com um entendimento uniforme da área do problema.

Ainda conforme Stefancik (2011, p. 8), os objetos de interesse e a identificação de relacionamentos, juntamente com as suas respectivas semânticas, são completamente suficientes para descrever a área do problema. É o primeiro passo, e muito importante para o ciclo de vida do software. Wazlawick (2004, p. 11-13) observa que a modelagem conceitual não deve ser confundida com modelagem de dados, pois a modelagem de dados enfatiza a representação e organização de dados armazenados, enquanto a modelagem conceitual foca na representação da compreensão da informação pelos usuários, e não sua representação física. Portanto, uma modelagem relacional de dados é apenas uma das possíveis representações físicas de um modelo conceitual mais essencial.

Stefancik (2011, p. 15) complementa que a criação de modelos conceituais não é um processo único, pois é normalmente uma sequência repetida de mutuais discussões, explorações e explanações de conceitos e revisões de modelos. O processo é finalizado se todas as partes interessadas concordam com o que o modelo descreve e como ele descreve.

1.1. Linguagens e Ferramentas para Modelagem Conceitual

Um modelo de um domínio de conhecimento específico pode ser expresso em uma linguagem de representação do conhecimento (ex.: RDF¹, OWL², F-Logic³) ou em uma linguagem de modelagem conceitual (ex.: UML⁴, EER⁵, ORM⁶). Dentre as linguagens de modelagem citadas, a UML (Unified Modelling Language) é a mais conhecida e também a mais utilizada atualmente.

De forma a atingir um modelo conceitual que não seja amarrado a uma tecnologia em particular, e que também permita, através de suas primitivas de modelagem fornecer semântica ao modelo, Paiano (2007, p. 190-197) cita a abordagem BWW, a qual fornece uma classificação efetiva e adequada dos conceitos. Dessa forma, a modelagem não fica “achatada” a poucos conceitos e também apresenta um bom nível de objetividade e a semântica correta. O autor deixa claro que a adoção desse método não se dá do ponto de vista filosófico, mas sim da classificação dos conceitos de forma a definir o modelo conceitual na aplicação de domínio específico.

Para Paiano (2007, p. 190-197), no nível de abstração de modelagem conceitual descrito acima, não parece correto utilizar a abordagem totalmente compatível de Orientação a Objetos, como a UML. Pode-se definir um diagrama de classe, mas não há como falar sobre “Objetos”, pois estes são definidos dentro do metamodelo da UML.

1.1.1. UML

A UML é, de acordo com Fowler (2014, p. 1-160), uma família de notações gráficas, apoiada por um metamodelo único, que ajuda na descrição e no projeto de sistemas de software, particularmente daqueles construídos utilizando o estilo orientado a objetos (OO). “Na verdade, para diferentes pessoas a UML tem significados diferentes. Isso ocorre devido à sua própria história e às diferentes maneiras de ver o que compõe um processo de engenharia de software eficaz” (FOWLER, 2014, p. 1-160).

¹ Resource Description Framework

² Web Ontology Language

³ Frame Logic

⁴ Unified Modelling Language

⁵ Enhanced Entity-Relationship Model

⁶ Object-relational Mapping

A UML é um padrão relativamente aberto, controlado pelo OMG (Object Management Group), um consórcio aberto de empresas. Este consórcio foi formado para estabelecer padrões que suportassem interoperabilidade, especificamente a de sistemas orientados a objetos. Esse padrão nasceu da unificação de muitas linguagens gráficas de modelagem orientadas a objetos que floresceram no final dos anos oitenta, início dos noventa. Desde sua aparição, em 1997, ela fez com que essa torre de Babel fosse resolvida (FOWLER, 2014, p. 1-160).

Fowler (2014, p. 1-160) afirma que existem diversas formas de utilização da UML, devido às características herdadas de outras linguagens gráficas de modelagem, o que significa que não há um consenso sobre como ela deve ser utilizada. Não existem regras rígidas e diretas sobre perspectiva; conforme se verifica, existe uma gama de utilização muito grande. É observando estas características que Evermann (2003, p. 18) questiona: podem as linguagens de modelagem orientadas a objeto, especificamente a UML, ser usadas para modelagem conceitual? E de que forma elas devem ser usadas?

A UML é composta por vários tipos de diagramas, como Diagramas de Classe, de Sequência, de Objeto, de Atividade, etc., possibilitando que diferentes aspectos e propriedades do design de um sistema sejam expressos. Os diagramas devem ser complementados por descrição textual conhecida como OCL (Object Constraint Languages) para produzir modelos completos (POOLEY, 1999, p. 2-10).

A OCL destina-se a facilitar a especificação de propriedades de modelo de modo formal, porém compreensivo (RICHTERS ET AL., 1998, p. 1 apud WARMER ET AL., 1998, p. 167-171).

Apesar de a UML permitir que seus utilizadores misturem elementos de diversos diagramas, em sua versão 2.2 existem 14 tipos de diagramas padrão, os quais são listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Tipos de diagramas da UML 2.2.

Diagrama	Propósito
Atividades	Comportamento paralelo e procedural
Classes	Classes, recursos e relacionamentos
Comunicação	Interação entre objetos; ênfase nas ligações
Componentes	Estrutura e conexão de componentes
Estruturas Compostas	Decomposição de uma classe em tempo de execução
Implantação	Distribuição de artefatos aos nós
Interação	Mistura de diagrama de sequência e de atividades
Objetos	Exemplo de configurações de instâncias
Pacotes	Estrutura hierárquica em tempo de compilação
Sequência	Interação entre objetos; ênfase na sequência
Máquinas de Estado	Como os eventos alteram um objeto no decorrer de sua vida
Temporal	Interação entre objetos; ênfase no sincronismo
Casos de uso	Como os usuários interagem com um sistema
Colaboração	Ênfase à ordenação estrutural em que as mensagens são trocadas entre os objetos

Fonte: Fowler (2014, p. 30)

Uma explicação mais detalhada sobre os tipos de diagramas UML utilizados neste trabalho pode ser encontrada no Anexo A.

1.1.2. Utilização da UML para Modelagem de um Domínio Real

Evermann (2003, p.3) afirma que não há uma linguagem comumente aceita para descrever o mundo real, e existem pesquisas que investigam a viabilidade em se estender o uso de linguagens para design de sistemas orientados a objetos, como OML e UML, para este fim. O maior problema considerado pelo autor é a falta de um significado claro para construções de linguagem, como objeto, classe, atributo e operação.

Para atribuir semânticas do mundo real a uma linguagem, mapeamos os conceitos ontológicos para as construções da linguagem e vice versa. Além de fornecer significado aos elementos da linguagem, esses mapeamentos também permitem a identificação de deficiências na linguagem, instâncias onde o mapeamento não é bijectivo⁷ ou ontologicamente claro. Uma vez que as semânticas ontológicas estejam atribuídas e as construções de linguagem mapeadas aos conceitos ontológicos, os mapeamentos podem ser utilizados para transferir suposições ontológicas à linguagem. Uma ontologia pode sugerir que certas situações são possíveis no mundo real, enquanto outras não são (EVERMANN, 2003, p. 3).

A pesquisa de Evermann (2003, p. 1-376) propõe examinar a usabilidade da UML como uma linguagem para descrever o mundo real, através do mapeamento de suas construções para um conjunto de conceitos do mundo real, ou seja, para uma ontologia.

O método de análise de linguagens proposto por Evermann (2003, p. 1-376) não se aplica somente a UML, mas é generalizável para outras linguagens orientadas a objetos.

A abordagem UML permite descrever o domínio utilizando um método incremental: o modelador melhora a análise passo a passo (PAIANO, 2007, p. 190-197). Em uma aplicação como no domínio da Agricultura, o conhecimento é muito fragmentado. No entanto, o resultado final da modelagem conceitual com UML será fortemente relacionado à lógica de programação.

Paiano (2007, p. 190-197) afirma que a utilização da abordagem UML dá liberdade para entendimento do modelo, pois não é amarrado a uma semântica em particular, mas o modelo não é objetivo. O autor conclui que a utilização da UML é particularmente efetiva, pois, sendo tão próxima de uma tecnologia de desenvolvimento, possibilita alcançar diretamente a realização de uma família de aplicações em um domínio de aplicação particular.

⁷Em matemática, uma função bijetiva é aquela entre os elementos de dois conjuntos, onde cada elemento de um conjunto é emparelhado com exatamente um elemento do outro conjunto, e não há elementos sem par. (FUNÇÃO BIJETIVA, 2013, p. 1)

AGRICULTURA DE PRECISÃO

Com o rápido crescimento populacional mundial, a necessidade da produção de alimentos é cada vez maior. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas, a expectativa é de que a população mundial atinja um total de 9 bilhões de pessoas até 2050. Mantovani (2000, p. 1) cita que o grande desafio da agricultura brasileira, sendo o país considerado o “celeiro” do mundo, é a necessidade de produzir alimentos para o abastecimento do mercado interno e excedentes para exportação, a um custo competitivo com o praticado pelos principais competidores internacionais.

A agricultura de precisão apresenta soluções e oportunidades para o problema da produção de alimentos, possibilitando a preservação e rastreio da qualidade dos produtos agrícolas, e mostrando ganhos econômicos e benefícios ambientais. É, como descreve Swinton et al. (1998, p. 439-446), acima de tudo uma nova forma de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola. Um elenco de tecnologias e procedimentos utilizados para que as lavouras e os sistemas de produção sejam melhorados, tendo como elemento chave o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores.

De acordo com Juntolli et al. (2013, p. 2), existem relatos de que se trabalha com agricultura de precisão desde o início do século XX. Porém, a prática remonta aos anos 1980, quando na Europa foi gerado o primeiro mapa de produtividade e nos Estados Unidos fez-se a primeira adubação com doses variadas.

Conforme cita Mantovani (2000, p. 2), a agricultura de precisão faz uso de três tecnologias, que são o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Informações Geográficas (GIS) e o Sistema de Posicionamento Global (GPS), sendo este último, conforme Juntolli et al. (2013, p. 2), o passo determinante para sua implementação. Ainda segundo Mantovani (2000, p. 2), o foco da agricultura de precisão está no manejo “sítio-específico”, que propõe a identificação de variabilidade espacial e temporal em campos de produção, e o desenvolvimento de práticas de manejo que permitam melhor gerenciamento dos processos de produção conforme a variabilidade detectada.

Molin (2000, p. 1-23) comenta que o termo agricultura de precisão é ainda recente e gera muitos mal-entendidos por parte dos milhões de potenciais usuários brasileiros, pois é muitas vezes erroneamente interpretado como algum pacote de soluções mágicas que chegam através de satélite para resolver todos os problemas da agricultura.

Molin (2000, p. 1-23) ainda descreve que, inicialmente, acreditava-se que, a partir da constatação de falta de uniformidade nas lavouras, seria possível atuar fazendo com que as

manchas⁸ fossem abolidas e se permitisse que a produtividade dos talhões⁹ fosse uniformizada.

Havia também a visão de que a aplicação de insumos em taxas variadas seria praticável para cada metro quadrado da lavoura. Porém, a partir de dados relacionados com a variabilidade das lavouras, em especial do centro-sul do Brasil, observou-se que o desafio é ainda maior, devido ao fato de que as correlações entre produtividade e fatores de produção individuais são baixas. Contudo, é fato que, como cita Juntolli et al. (2013, p. 2), o objetivo da Agricultura de Precisão é a utilização de estratégias para resolver os problemas da desuniformidade das lavouras, e dentro do possível tirar proveito dessas desuniformidades, de acordo com o nível de complexidade e os objetivos envolvidos.

Schueller (1997, p. 33-44) cita que, apesar de a agricultura de precisão ser um tema relativamente novo, muitos avanços têm sido obtidos, principalmente no desenvolvimento de máquinas e implementos que permitam o manejo localizado. Nestes, estão presentes os recursos mais avançados da eletrônica e computação, como os já citados sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informação geográfica (GIS), além de sistemas de controle e aquisição de dados, sensores e atuadores, entre outros (MANTOVANI, 2000, p. 1-5).

A agricultura deve sempre almejar equilíbrio entre insumos aplicados e práticas agrícolas com atributos do solo e necessidades das plantas, considerando que estes últimos variam no espaço e em diferentes escalas. Com a aplicação de inovações das áreas de automação, instrumentação e tecnologia da informação, novos níveis de eficiência nos aspectos qualitativos e quantitativos da produção agrícola podem ser obtidos (MANTOVANI, 2000, p. 5-17). Ainda segundo Mantovani, há necessidade de esforços conjuntos entre pesquisa, assistência técnica, agricultores, iniciativa privada, fabricantes de equipamentos, associações, cooperativas e governo para alavancar este processo de inovação tecnológica.

Juntolli et al. (2013, p. 2-3) afirma que hoje, especialmente no Brasil, as soluções existentes estão focadas na aplicação de fertilizantes e corretivos em taxa variável, porém não se deve perder de vista que a Agricultura de Precisão é um sistema de gestão que considera a variabilidade espacial das lavouras em todos os seus aspectos: produtividade, solo (características físicas, químicas, compactação, etc.), infestação de ervas daninhas, doenças e pragas. Neste cenário, existem duas estratégias distintas que podem ser adotadas.

⁸ São denominadas manchas as variações de produtividade que podem ser notadas em uma lavoura.

⁹ Talhão é a representação da divisão real ou imaginária de uma propriedade rural.

A primeira delas é bastante simples e está relacionada ao manejo da fertilidade do solo por meio do gerenciamento da sua correção e adubação, utilizando fertilizantes, calcário e gesso¹⁰, com base apenas em amostragem georreferenciada¹¹ do solo. Esta é, segundo o autor, a maneira utilizada para iniciação da grande maioria dos usuários brasileiros, devido a sua simplicidade e rapidez. O processo de se obter uma amostragem sistemática de solo (amostragem em grade ou “grid”), retirando-a no campo, analisando-a em laboratório, processando os dados e gerando os mapas de aplicação geralmente dura menos de 15 dias. O principal ponto que leva à satisfação do usuário com esta técnica é a economia de insumos.

A segunda técnica é mais elaborada, e considera as plantas, pois leva em consideração a produtividade das culturas anteriores para realizar a reposição dos nutrientes extraídos. Para isso, é necessária a geração de mapas de produtividade, exigindo mais equipamento, trabalho e maior domínio por parte do usuário. Em contrapartida, a quantidade de informações obtidas através dessa estratégia implica em um diagnóstico melhor.

As práticas mais comuns da agricultura de precisão no Brasil envolvem os seguintes elementos:

- Direcionamento via satélite (manual e automático);
- Mapeamento de produtividade;
- Monitoramento da produtividade;
- Variação de taxas de insumos, principalmente adubo e corretivos;
- Mapeamento de fertilidade;
- Divisão de áreas em zonas de manejo uniformes.

A agricultura de precisão está inserida em todos os processos da agricultura, como: preparação do solo, plantio, acompanhamento da lavoura e colheita. Como ilustra a Figura 8, cada um dos processos possui suas particularidades e ações a serem desempenhadas para que as etapas seguintes sejam também eficientes. Os subcapítulos a seguir descrevem detalhadamente cada um desses processos, servindo como base de dados para a posterior modelagem conceitual.

¹⁰ A gipsita moída, mais conhecida como gesso agrícola, é utilizada como corretivo em solos onde há carência de cálcio. (Sousa et al., 2005, p. 1-10)

¹¹ Georreferenciamento de uma imagem ou mapa consiste em tornar suas coordenadas conhecidas em um determinado sistema de referência geográfica.

Figura 1 – Etapas da Agricultura de Precisão.



Fonte: Arvus Tecnologia (2013, p.1)

Os dados disponíveis neste trabalho foram coletados através de estudo bibliográfico com foco específico nas informações disponíveis no Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SBCS/NRS, 2004, p. 1-404). Convém lembrar também que o trabalho é focado na utilização da cultura da soja no sistema Plantio Direto. Portanto, a aplicação prática dos conceitos de Agronomia empregados nos capítulos a seguir limita-se aos estados abrangidos pelo manual e aos dados relevantes para a cultura e sistema escolhidos.

2.1. Preparação do Solo

Na etapa de preparação do solo são identificadas as carências minerais do solo através da análise de solo. Com base na análise de solo por amostragem, o produtor pode calcular a dosagem de produto necessária para cada gleba. A calagem e a aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e macronutrientes secundários¹² devem ser medidas precisamente para cada situação encontrada.

Após a análise de solo, é realizada a aplicação dos produtos de correção para ajustar os níveis de nutrientes até os valores apropriados para o desenvolvimento da cultura.

¹² Os macronutrientes considerados primários para o solo são: N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio), enquanto os secundários são: Mg (magnésio), Ca (cálcio) e S (enxofre). (Vitti et al., 2000, p. 1-16).

Para que o processo de preparação do solo tenha sucesso, é necessário saber qual o tipo de plantio que será adotado posteriormente, se plantio convencional ou direto. Além disso, é também importante estimar qual a produtividade se deseja obter na colheita, eis a importância de um trabalho bem realizado nesta etapa.

2.1.1. Amostragem de Solo

Molin (2000, p. 1-23) cita que muitas das decisões, recomendações e intervenções agrícolas são simplificadas e válidas para grandes extensões de áreas a partir de diagnósticos médios. Pequenos agricultores devem possuir um domínio maior da variabilidade presente, devido ao maior contato, embora apenas visual dos detalhes da lavoura. No caso de grandes lavouras, o controle no mesmo nível de detalhamento apresenta limitações práticas. Isso fez com que a agricultura hoje praticada fosse embasada em valores médios, com excessiva simplificação, especialmente na escala em que os diagnósticos, recomendações e intervenções são conduzidos.

O processo de amostragem durante a fase de preparo consiste na coleta de amostras de solo. Posteriormente, durante a fase de acompanhamento da lavoura, será detalhado o processo de amostragem foliar. A amostragem de solo pode ser realizada em qualquer época do ano, mas recomenda-se efetuarla aproximadamente dois a três meses antes do plantio ou da semeadura. Divide-se em dois tipos (SBCS/NRS, 2004, p. 1-404):

- Amostragem de Solo Sistemática em Grades – com base em um mapa georreferenciado da área, é feita uma subdivisão em glebas menores de acordo com o tipo de solo, topografia, vegetação e histórico de utilização. Os solos podem ser separados conforme a cor, textura, profundidade do perfil e topografia. As glebas menores são denominadas células, cujos tamanhos pode variar desde um a vários hectares. Não há critérios de determinação para o tamanho das grades e localização dos pontos de coleta. Sabe-se apenas que o tamanho da grade diminui com o aumento da variabilidade espacial dos parâmetros indicativos da fertilidade do solo. A quantidade total de pontos de amostra varia conforme a natureza e a magnitude da variabilidade e os limites requeridos de inferência estatística. Para cada amostra, são coletadas 8 sub amostras em um raio máximo de 3 metros ao redor do ponto georreferenciado, de forma a reduzir o efeito da micro e mesovariabilidade e aumentar o volume de solo amostrado.

- Amostragem de Solo Dirigida – deve haver um conhecimento prévio da existência de áreas da lavoura onde o rendimento pode estar sendo limitado. Essa técnica utiliza mapas de produtividade, imagens por sensoriamento remoto e outras informações espaciais.

A amostra de solo é coletada na camada de 0 a 10 cm de profundidade quando o plantio direto tiver sido iniciado a partir de campo natural sem revolvimento do solo, ou com o plantio direto já consolidado de anos anteriores. Quando há a instalação do sistema plantio direto, a camada a ser amostrada é de 10 a 20 cm de profundidade.

Através da identificação do tipo de solo, é possível estimar algumas faixas de teores dos principais nutrientes que poderão ser encontrados na análise. De acordo com o Mapa de Solos (IBGE, 2014) e o MAC (SBCS/NRS, 2004, p. 1-404), o solo da região de Santo Ângelo (e Santa Rosa) é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico – solos profundos, bem drenados e quimicamente pobres.

2.1.2. Análise em Laboratório

As amostras de solo coletadas passam por laboratórios para análise de suas composições. Os critérios para a análise variam entre cada laboratório, porém de acordo com SBCS/NRS (2004, p. 1-404), todos os laboratórios integrantes da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal do RS e de SC (ROLAS) utilizam os mesmos métodos, mantendo permanente monitoramento da qualidade das análises e estabelecendo uma padronização. Através de um relatório são mostrados os teores de cada componente do solo, o qual é analisado de forma a identificar possíveis necessidades de correção e aumento de nutrientes necessários à cultura escolhida.

2.1.3. Diagnóstico e Interpretação dos Resultados Analíticos

Após a análise de solo ter sido concluída e o teor de cada componente do solo ter sido levantado, é necessário interpretá-los de forma a identificar deficiências e pontos de melhoria. Os dados resultantes do levantamento realizado com relação à amostra de solo, bem como os valores para interpretação podem ser encontrados no Anexo B.

2.1.4. Correção e Aplicação de Fertilizantes

Uma vez que os teores dos componentes no solo tenham sido levantados, é realizada a aplicação de produtos compostos, os quais irão suprir as deficiências encontradas no diagnóstico.

2.2. Técnicas de Plantio

O plantio é a ação de lançar a semente na terra para que a planta germine, cresça e dê frutos. Os dois principais tipos de plantio, Convencional e Direto, são descritos a seguir. O Anexo B contém dados relacionados às condições ideais do solo e do ambiente para a execução do plantio.

2.2.1. Plantio Convencional

De acordo com Albuquerque et al. (2009, p. 115-119), o preparo convencional do solo tem por objetivo básico fornecer condições ótimas para a germinação, a emergência e o estabelecimento das plântulas. O preparo permite também reduzir a população inicial de plantas invasoras. A operação deve permitir ainda o aumento da infiltração de água, de modo a diminuir as perdas de água e sedimentos por erosão a um mínimo tolerável. O preparo convencional é dividido em duas etapas, que são o preparo primário e o secundário:

O preparo primário consiste na operação mais grosseira, realizada com arados ou grades pesadas, que visa afrouxar o solo, sendo utilizada também para incorporação de corretivos, de fertilizantes, resíduos vegetais e plantas daninhas, ou para a descompactação superficial. Os equipamentos agrícolas com discos são mais eficientes, pois permitem melhor mistura desses ao solo. Porém, a desvantagem é o potencial de causar maior compactação subsuperficial do solo (ALBUQUERQUE ET AL., 2009, p. 115-119).

O preparo secundário consiste na operação de destorroamento¹³ e nivelamento da camada arada de solo por meio de gradagens do terreno. (ALBUQUERQUE ET AL., 2009, p. 115-119).

Esse método de plantio já está em desuso, devido às suas desvantagens com relação ao sistema de plantio direto.

¹³ Destorroamento é o ato de quebrar os torrões de terra de forma a criar condições para que as raízes da planta atinjam grandes profundidades no solo.

2.2.2. *Plantio Direto*

Segundo Albuquerque et al. (2009, p. 115-119), o plantio direto pode ser uma alternativa ao sistema convencional de preparo do solo e contribuir para a sustentabilidade de sistemas agrícolas intensivos, por manter o solo coberto por restos culturais ou por plantas vivas o ano inteiro, minimizando os efeitos da erosão e, ainda, manter o conteúdo de matéria orgânica. Com isso, aumenta a densidade do solo e diminui os efeitos da compactação causada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas. Entretanto, no sistema de plantio direto, os solos apresentam, na camada superficial, após três a quatro anos, maiores valores de densidade e microporosidade¹⁴, e menores valores de macroporosidade¹⁵ e porosidade total, decorrentes principalmente da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, em particular quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de umidade.

Outras vantagens desse sistema incluem (CAPITAL DO CAMPO, 2012, p. 1):

- Controle da erosão – como a palha fica em cobertura no solo, há uma maior infiltração da água da chuva e um menor carregamento de terra e perda de nutrientes;
- Umidade – devido à cobertura vegetal rente ao solo, há uma maior umidade e o aumento da água armazenada no solo;
- Redução da temperatura do solo;
- Aumento da atividade microbiana do solo;
- Melhoria da estrutura do solo;
- Aumento da fertilidade do solo;
- Economia de combustível, fertilizantes e mão-de-obra;
- Diminuição no uso de combustíveis e redução da perda de solo.

Assim, como também observado na publicação de Capital do Campo (2012, p. 1), o sistema de plantio direto apresenta desvantagens se comparado ao método convencional:

- Aumento da incidência de pragas;
- Menor adaptação de máquinas e equipamentos;

¹⁴ Microporosidade é a capacidade de retenção de água no solo.

¹⁵ Macroporosidade é a capacidade de movimentação de água e ar no solo.

- Maior uso de agrotóxicos;
- Menor germinação das sementes nos períodos úmidos.

Como cita Pires et al. (2004, p. 13), a presença de palha na superfície do solo é fator a ser avaliado para emprego de varias ferramentas da Agricultura de Precisão. Outro fator a ser considerado é o aumento da fertilidade na camada superficial do perfil solo. Assim, adaptações são necessárias, e acredita-se que serão possíveis por meio do aproveitamento do vasto conhecimento gerado sobre o sistema por instituições de pesquisa brasileiras.

Pires et al. (2004, p. 13) comenta que problemas como compactação de solo podem ser atualmente mapeados usando-se algumas ferramentas da Agricultura de Precisão, que localizam com precisão áreas em que os níveis de compactação são realmente restritivos ao crescimento de plantas e proporcionam a aplicação de medidas corretivas somente nesses locais, evitando a adoção de medidas drásticas, como aração e gradagem em área total. A presença de insetos e pragas pode também ser mapeada pelo emprego de práticas de controle restritas às áreas de ocorrência.

2.3. Acompanhamento da Lavoura

Esta etapa é uma extensão da preparação do solo, mas envolve cuidados relacionados às plantas que já estão em desenvolvimento. Como cita Devens (2012, p. 1), um dos pontos mais relevantes para o controle de pragas é que o agricultor faça um constante acompanhamento da lavoura, observando como as plantas se comportam com a aplicação dos produtos. Caso estes não estejam surtindo o efeito desejado, será necessário tomar decisões imediatas e utilizar outros mecanismos de ação.

Através da aplicação de produtos em taxas variáveis, é possível eliminar os problemas diretamente nos locais em que ocorrem, com economia de recursos e preservação do meio ambiente.

2.3.1. Irrigação

Conforme Bernardo (1997, p. 1), a finalidade básica da irrigação é proporcionar água às culturas de maneira a atender às exigências hídricas durante todo o seu ciclo, possibilitando altas produtividades e produtos de boa qualidade. A quantidade de água necessária varia de acordo com a espécie de cultura cultivada, da produtividade desejada, do local de cultivo, do estágio de desenvolvimento da cultura, do tipo de solo e da época de plantio. O autor cita que a irrigação permite aumentar a produtividade das culturas em até três vezes mais.

Detalhes sobre o nível ideal de água disponível no solo no momento da germinação podem ser encontrados no Anexo B.

2.4. Colheita

De acordo com Molin (2000, p. 1-23), a geração de mapa de colheita é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Várias outras ferramentas têm sido propostas para se identificar as manchas existentes em um talhão. É assim que as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia e outros têm sido testados. Porém, o mapa de produtividade materializa a resposta da cultura.

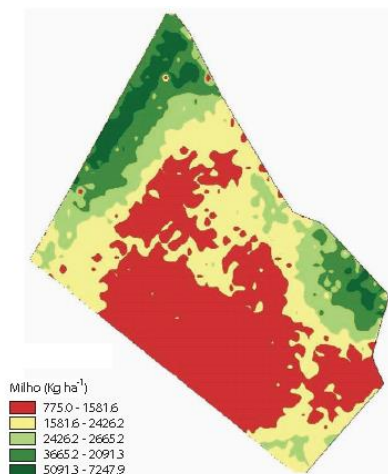
Molin (2000, p. 1-23) cita ainda que as primeiras tentativas de se medir o fluxo de grãos em colhedoras de cereais surgiram no final dos anos 80, sendo a partir de então disponibilizados no mercado mundial diversos produtos capazes de gerar dados para a obtenção de mapas de produtividade.

Molin (2000, p. 1-23) descreve o mapa de produtividade de um talhão como um conjunto de muitos pontos, sendo um ponto uma pequena porção da lavoura. O mapeamento consiste em saber a quantidade de grãos colhidos em um determinado ponto. Isso é feito através de um sensor que mede o fluxo dos grãos, este normalmente localizado no elevador de grãos limpos da colhedora.

Posteriormente, os dados dos pontos gravados durante a colheita são traduzidos em um sistema cartesiano, criando os mapas de produtividade com legendas normalmente em diferentes cores, para representar as variações de produtividade em cada ponto do terreno. A Figura 10 mostra um exemplo de mapa de produtividade gerado a partir de dados coletados por equipamentos instalados em uma máquina colheitadeira.

O Anexo B detalha as condições ideais para realização da colheita, de forma a minimizar perdas decorrentes de baixa e alta umidade e clima.

Figura 2 - Exemplo de mapa de produtividade.



Fonte: Juntolli et al. (2013, p. 1-5).

Molin (2000, p. 1-23) conclui que a correta geração e interpretação dos mapas de colheita são fundamentais para a agricultura de precisão, apesar de ser uma tarefa dispendiosa. É basicamente um processo de aprendizagem e envolve a interação com as demais informações de variabilidade obtidas durante os processos anteriores, buscando a tomada de ações mais precisas nas futuras safras.

UMA PROPOSTA DE MODELAGEM CONCEITUAL PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO APLICADA AO PROJETO AGROMOBILE

O presente trabalho surgiu da necessidade do projeto AgroMobile de levantamento do conhecimento a ser utilizado no sistema. A partir da proposta de mapeamento do domínio da Agricultura de Precisão em modelos criados na linguagem de representação UML, o modelador da ontologia terá todo o conhecimento em suas mãos, possibilitando aprofundar certos pontos, caso desejar.

3.1. Projeto AgroMobile

O projeto AgroMobile, a partir de estudos relacionados nas áreas de Computação Móvel, Ubíqua e Aplicada na Agricultura de Precisão, tem como objetivo o desenvolvimento de uma arquitetura de software, e com essas ferramentas auxiliar engenheiros agrônomos na tomada de decisões mais precisas quanto às dosagens certas de insumos, coleta de amostras, fornecendo também um histórico para o melhor aproveitamento e melhor produção agrícola, informações necessárias para se ter um bom gerenciamento dos negócios.

Com a mudança no padrão agrícola brasileiro, a agricultura não está mais sendo vista como uma atividade primária isolada, sendo cada vez mais associada aos setores industriais e comerciais. Países importadores de produtos primários exigem uma variedade cada vez maior de critérios de qualidade antes de comprar alimentos, causando grandes impactos na cadeia de produção de alimentos, especialmente entre pequenos e médios agricultores, os quais são pouco integrados a organizações ou circuitos de comercialização (ASSAD ET AL., 2004, p. 6).

Buscando atender a esta demanda, com tecnologia de ponta e custo baixo, o AgroMobile beneficia produtores de pequeno e médio porte que não possuem recursos suficientes para adquirir sistemas proprietários encontrados hoje no mercado. Através da utilização desta ferramenta, estes agricultores terão um melhor controle e produção de suas lavouras, além de contribuir com a preservação do meio ambiente, este sendo considerado por Assad et al. (2004, p. 5-8) um dos principais desafios da atividade agrícola.

Esta arquitetura tem como principal finalidade alertar e sugerir medidas preventivas para os Engenheiros Agrônomos e Técnicos Agrícolas. De acordo com as informações do ambiente de produção (a lavoura), estes receberão recomendações do sistema quando qualquer anomalia for identificada, sugerindo uma determinada ação a ser tomada para o proble-

ma. Assim, ele terá posse de várias informações importantes, como umidade, variações de temperatura, pH do solo, entre outras.

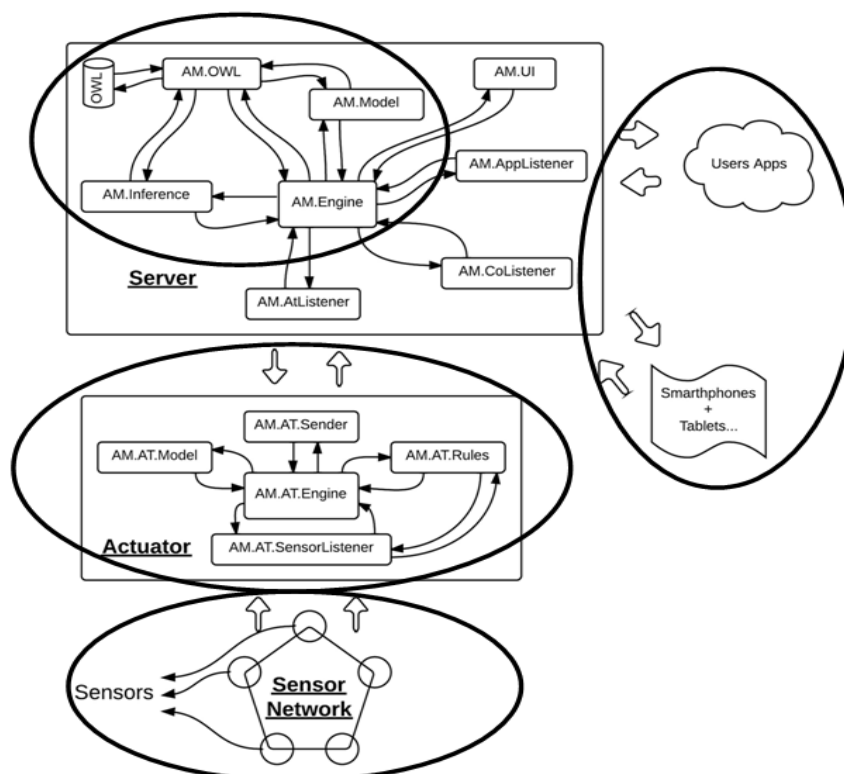
A partir de sensores localizados nas lavouras o agricultor terá informações precisas de sua área, ao passo que qualquer anomalia identificada possa gerar um alerta e uma sugestão para tal problema a fim de minimizar o impacto na sua produção. Essas informações serão disparadas para seu dispositivo móvel o qual possuirá a aplicação desenvolvida.

Para isto, necessita-se de uma rede de sensores para uma informação precisa e atualizada, da definição de uma ontologia a ser aplicada para embasar o conhecimento e assim gerar as sugestões apropriadas, uma aplicação para dispositivos móveis a fim de fazer a intermediação entre o hardware e o produtor, tudo isso para que ele possa ter o controle e o ponto exato do evento alertado tomando assim sua decisão.

3.1.1. Módulos da Arquitetura

A arquitetura AgroMobile é dividida em 5 módulos, sendo eles: Rede de Sensores; Atuadores; Aplicativo de Interface para Dispositivos Móveis; Servidor de Serviços para a Arquitetura e a Representação do Conhecimento através de ontologias. A Figura 11 mostra o diagrama da arquitetura AgroMobile e o fluxo de dados entre os módulos da arquitetura.

Figura 3 - Módulos do projeto AgroMobile



3.1.2. *Representação do conhecimento*

O domínio de estudo deve ser representado de forma a auxiliar na compreensão de cada aspecto do mesmo. Conforme Aurélio et al. (2013, p. 1), a Web Semântica propõe a criação de um meio global para troca de informações, dando significados às mesmas, de forma que os computadores sejam capazes de interpretar a semântica dessas informações. Dentro deste conceito, as ontologias se aplicam de forma a organizar as informações dos mais diferentes domínios, trazendo uma série de vantagens no uso da representação do conhecimento (AURÉLIO ET AL., 2013, p. 1). Uma melhor definição de ontologia é dada por Gruber (1995, p. 1), o qual afirma que uma ontologia é uma especificação de uma conceituação, ou seja, uma descrição de conceitos e relações que existem em um domínio de interesse.

Segundo Aurélio et al. (2013, p. 1-4), ontologias são úteis para apoiar a especificação e implementação de qualquer sistema de computação complexo. Dentre os propósitos para a construção de uma ontologia é possível destacar o auxílio na compreensão de uma certa área de conhecimento e o auxílio na obtenção de um consenso sobre determinado assunto.

Dentro do projeto AgroMobile está sendo desenvolvida uma ontologia utilizando a ferramenta Protégé para fazer a modelagem semântica de informações compreendidas no domínio da Agricultura de Precisão, através da linguagem OWL-DL (AURÉLIO ET AL., 2013, p. 1-4).

A ontologia se encontra atualmente em fase de especificação e aquisição de conhecimento. A sua modelagem está sendo realizada seguindo a metodologia Methontology, a qual é considerada a mais popular para o desenvolvimento de ontologias, o que torna o processo mais fácil e cria certo padrão. A especificação da ontologia servirá como base para todo o resto da modelagem, pois através da documentação utilizando de linguagem natural, é possível captar o objetivo da ontologia e seus demais propósitos. Já o processo de aquisição de conhecimento é marcado pela pesquisa às possíveis fontes disponíveis, tais como entrevistas com especialistas no domínio, consulta a livros, além de ontologias já existentes, entre outros.

Esta ontologia será utilizada como base para as etapas posteriores à modelagem conceitual proposta, pois através dela serão modelados os serviços e demais componentes do sistema de apoio à decisão.

Como cita o artigo de Aurélio et al. (2013, p. 1-4), a metodologia utilizada para iniciar o desenvolvimento da ontologia é baseada em conhecimentos adquiridos através de estudos a outras ontologias já propostas na área de Agricultura de Precisão. Para modelar o ambiente rural, foram extraídos dados do Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio

Grande do Sul e Santa Catarina (2004, p. 1-404), além de informações sobre eventos, principalmente climáticos, que podem interferir diretamente no domínio de agricultura de precisão.

A cultura inicialmente utilizada para a criação da ontologia é a soja, sendo que a definição pode ser aplicada também em outras ontologias, para outras culturas. Foram definidas algumas superclasses, as quais desencadeiam uma vasta lista de subclasses que se relacionam ao representar os elementos do contexto, os quais podem influenciar no projeto AgroMobile. Os principais elementos do contexto são os seguintes:

- Áreas e Glebas (Area, Gleba): englobam as informações geográficas da agricultura de precisão, através de conceitos como coordenadas e referências geográficas.
- Clima (Weather): descreve possíveis eventos climáticos que podem atuar sobre o ambiente na qual a arquitetura AgroMobile atua;
- Safra, Planejamento, Produtor e Técnicos (Harvest, Planning, Producer, Technician): classes responsáveis pela organização durante o ciclo da safra, desde o princípio até o final, com o auxílio de técnicos e o envolvimento dos produtores;
- Grãos (Grain): definição da cultura a ser utilizada no plantio;
- Solo (Soil): composto por vários fatores determinantes, como nutrientes, PH, entre outros que são indispensáveis durante as análises para determinados fins;
- Critérios de Recomendações de Calagem e Adubagem (Criteria of Recommendation of Liming and Composting): são geradas recomendações para realização de determinados serviços, conforme os critérios a serem analisados, de acordo com o que está acontecendo ou aconteceu no ambiente;
- Serviço (Service): considerada uma das classes mais importantes pela sua utilização, é nela que estão contidos os serviços a serem realizados no domínio de Agricultura de Precisão através da arquitetura AgroMobile.

Através das regras de inferência que serão definidas na ontologia, será possível propor serviços específicos da agricultura de precisão para determinados relacionamentos criados. Utilizando a modelagem conceitual desenvolvida, a ontologia tem informações reais de como ocorre o ciclo da agricultura, e torna-se válida.

3.2. Modelo UML da Agricultura de Precisão

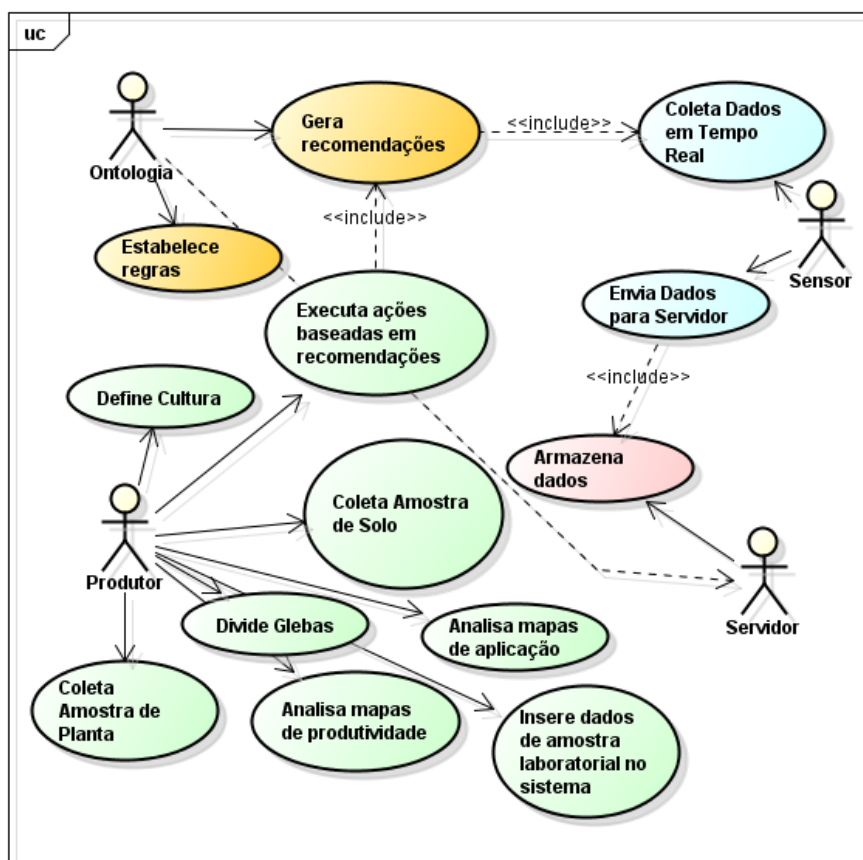
Os diagramas a seguir foram desenvolvidos utilizando o Astah Community 6.8.0, uma ferramenta gratuita de modelagem UML desenvolvida pela empresa japonesa Change Vision. Nessa versão, o Astah Community suporta a criação de diagramas de Classe, Casos de Uso, Estado de Máquina, Atividades, Sequência, Comunicação, Componentes, Instalação e Estrutura Composta, além de outros tipos de diagramas e modelos como Entidade Relacionamento, que não fazem parte da UML.

Para realizar a modelagem, o modelador deve estudar o domínio e descrevê-lo minuciosamente, para que entenda suas particularidades. A modelagem é realizada a partir da compreensão que o autor tem do domínio de estudo. A interpretação dos dados disponíveis no Anexo B resultou nos diagramas a seguir.

Para ilustrar os atores que integram todo o processo do AgroMobile e suas principais funções dentro da organização do sistema, foi criado o diagrama de Casos de Uso da Figura 4. Os atores identificados no processo são:

- Produtor - é a pessoa que toma, de fato, as decisões, que podem seguir uma recomendação ou não. É o Produtor quem define a cultura que será plantada, define áreas de manejo, coleta amostras, faz a análise dos dados obtidos, e é para ele que a ontologia deve trabalhar.
- Ontologia - é o segundo ator, pois ela estabelece as regras utilizando o conhecimento do domínio e faz as recomendações ao Produtor.
- Sensor (ou Sensores) - faz a coleta dos dados em tempo real, e enviam as informações obtidas ao servidor.
- Servidor - também é considerado um ator, pois ele armazena a ontologia e gerencia as informações advindas do Sensor.

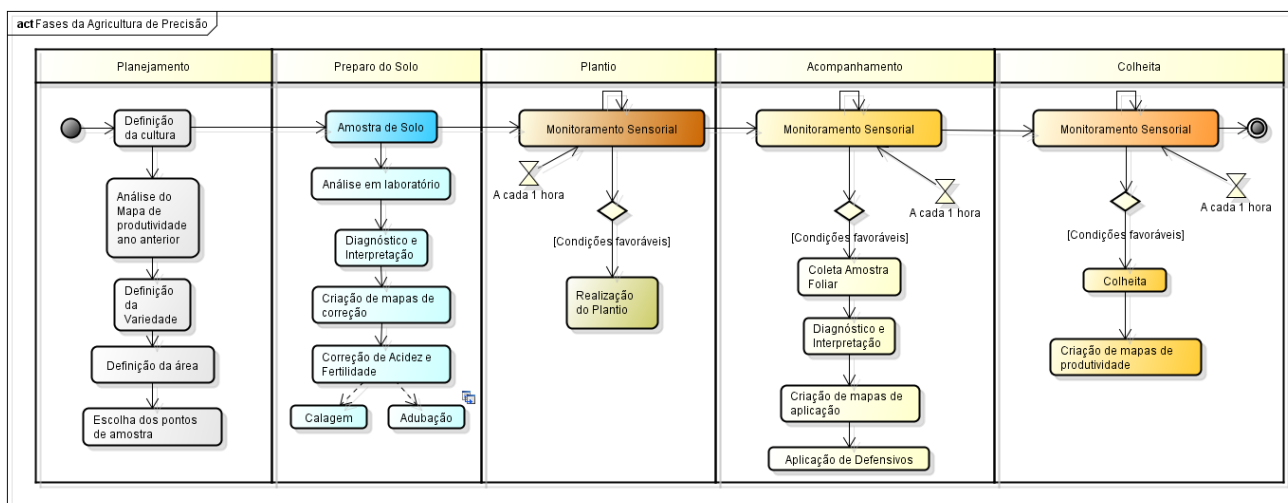
Figura 4 - Diagrama de Casos de Uso da Agricultura de Precisão



Fonte: Autor (2014)

A Agricultura é constituída de fases ou ciclos, todos dependentes entre si. Caso algo dê errado em um deles, todos os posteriores serão afetados. Os ciclos, da fase de planejamento à colheita, podem ser interpretados utilizando um diagrama de Atividades, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Diagrama de Atividades: Fases da Agricultura de Precisão

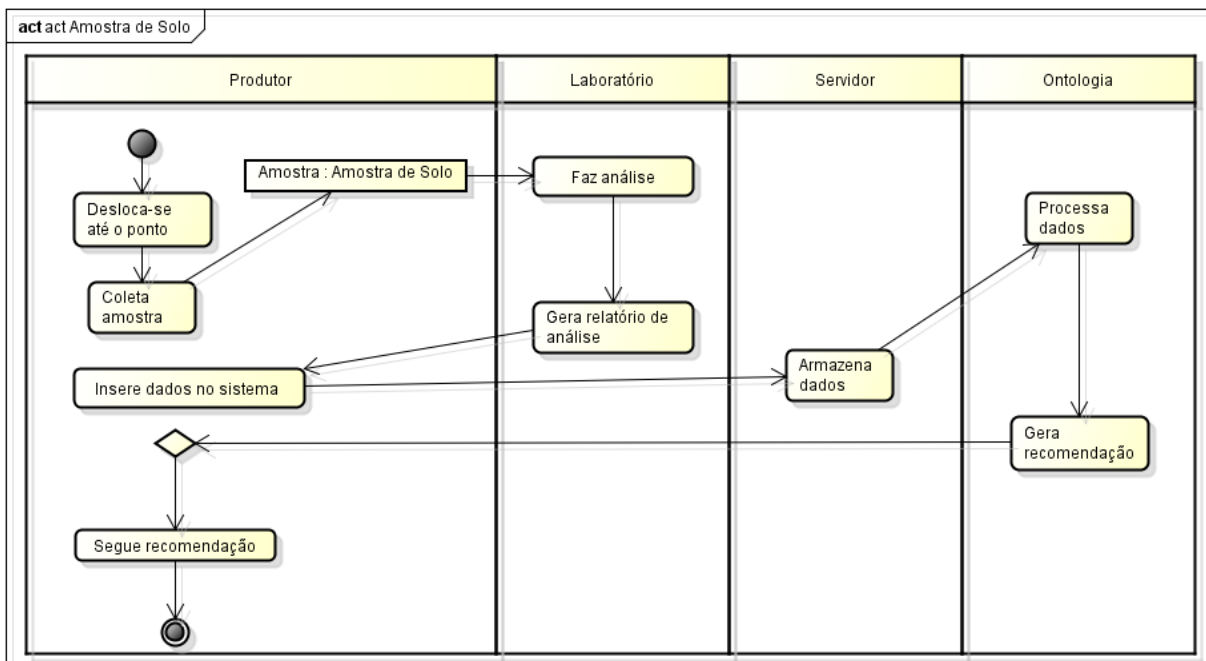


Fonte: Autor (2014)

Ao iniciar a fase de Planejamento, o agricultor define a cultura que será plantada. Em seguida, é feita a análise dos mapas de produtividade do ano anterior. A partir desses mapas, é escolhida a variedade da cultura, definida a área de manejo e escolha dos pontos de amostra para a próxima etapa.

Na fase de Preparo do Solo, é realizada a amostra de solo, procedimento que consiste na coleta de porções de solo utilizando técnicas e equipamentos especiais. A amostra é então analisada em laboratório para determinar as deficiências do solo e servir como base para a aplicação de produtos de correção. O Diagrama de Atividades da Figura 6 ilustra os passos tomados para a coleta, análise e diagnóstico do solo durante a etapa de Preparo do Solo. Deve-se lembrar de que operações como gradagem, aração, etc. não são utilizadas no Plantio Direto, que é o mais indicado para Agricultura de Precisão, e por isso não fazem parte do estudo e dos diagramas.

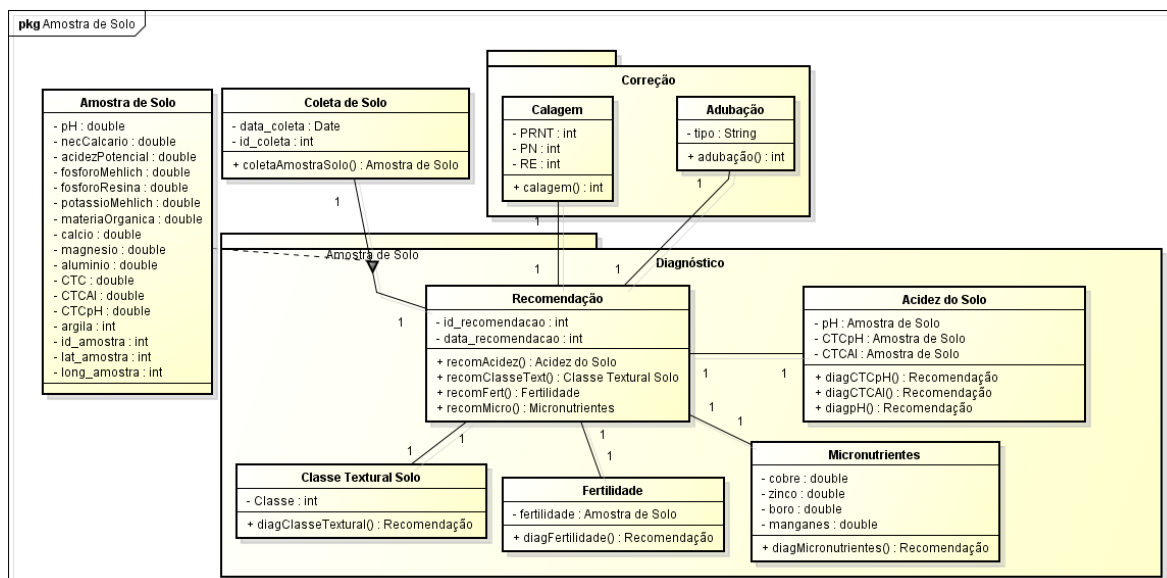
Figura 6 - Diagrama de Atividades: Processo de amostra de solo para análise laboratorial



Fonte: Autor (2014)

Os diferentes tipos de diagnósticos que podem ser realizados a partir de uma amostra de solo, bem como suas respectivas possíveis correções foram modelados utilizando o Diagrama de Classes ilustrado na Figura 7.

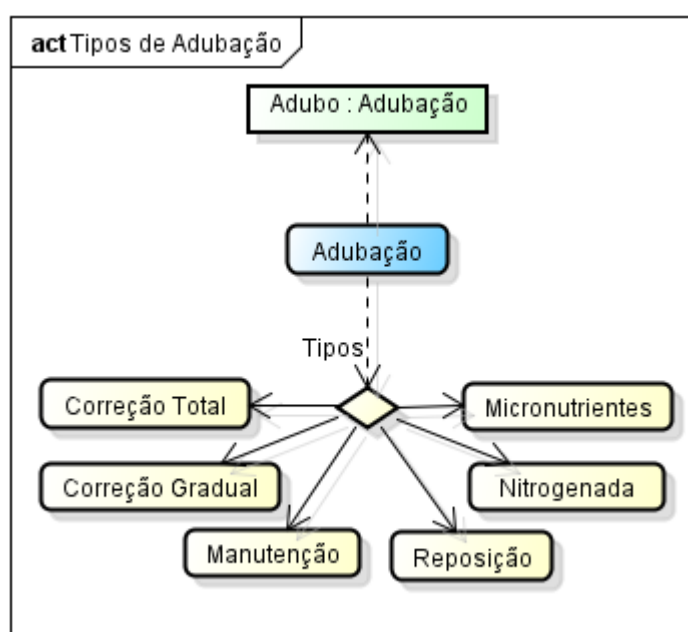
Figura 7 - Diagrama de Classes: Classes identificadas no processo de coleta de amostra de solo, diagnóstico e correção, e seus relacionamentos



Fonte: Autor (2014)

A classe Amostra de Solo possui os atributos de uma Análise Básica, como são citados nos dados do Anexo B. Essa classe exerce uma relação de associação entre Coleta de Solo e a classe Recomendação, que está contida dentro do pacote Diagnóstico. Os métodos disponíveis nas classes contidas em Diagnóstico retornam Recomendações, que possuem data e número de identificação, para que o produtor possa visualizar o histórico. O pacote Correção por sua vez contém os dois tipos de atividades (Calagem e Adubação) que podem ser realizadas para corrigir as deficiências apontadas durante os Diagnósticos. A coleta de dados mostrou que a atividade de Adubação pode ser de diversos tipos, conforme ilustra o Diagrama de Atividades da Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de Atividades: Tipos de adubação



Fonte: Autor (2014)

Esse diagrama ilustra a dependência (seta pontilhada) da atividade Adubação ao objeto Adubo, ilustrado através de Object Node. Também é dependente da escolha do tipo de correção a ser realizada.

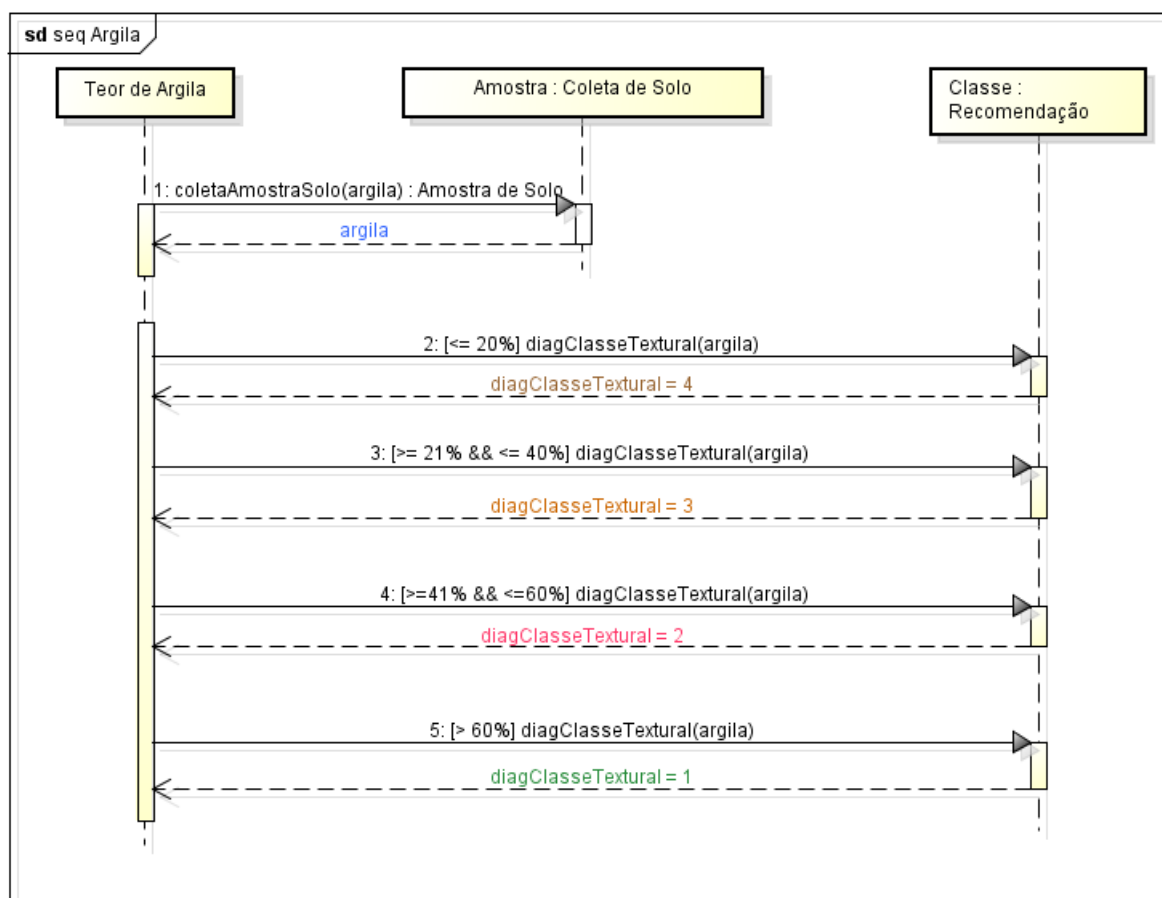
A análise básica de solo descrita no Anexo B é composta por um grande número de atributos (teores), que posteriormente são avaliados como suficientes ou insuficientes de acordo com as regras estabelecidas.

Para representar regras, laços de repetição e condições com a UML, Paiano et al. (2007) afirma que a melhor forma seria a utilização de Diagramas de Atividade. Já Evermann (2003) argumenta que essas estruturas se utilizam de troca de mensagens entre seus componentes, o que justifica o uso de Diagramas de Sequência. Na prática, verificou-se a possibili-

dade de utilização de ambas as formas de modelagem, pois cada uma possui suas particularidades.

O primeiro atributo da Análise Básica de Solo é o teor de argila, que é utilizado para determinar a classe textural do solo. O diagrama da Figura 9 ilustra a troca de mensagens entre o teor de argila obtido através da coleta de solo e os dados de recomendação.

Figura 9 - Diagrama de Sequência: Decisão baseada na troca de mensagens entre o teor de Argila encontrado na amostra e a recomendação de Classe Textural do solo



Fonte: Autor (2014)

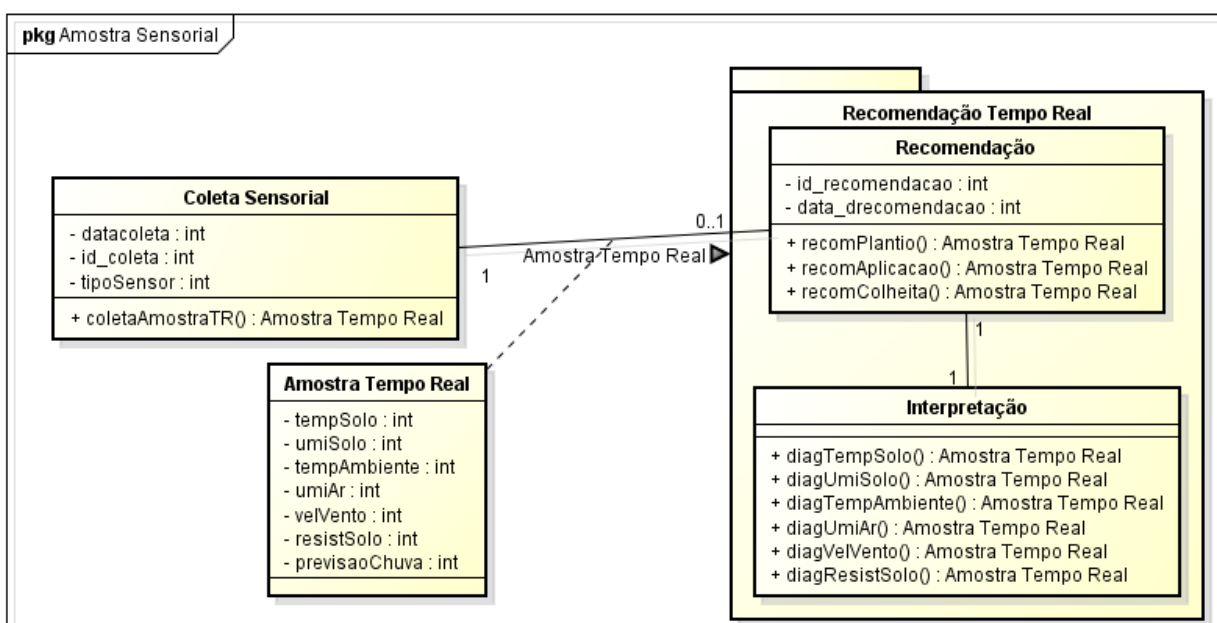
A primeira mensagem solicita o valor do atributo argila da amostra coletada. A partir da segunda mensagem, são testadas as condições para verificar em qual classificação o solo se enquadra. A seta pontilhada (Reply Message) representa a mensagem de resposta ou retorno.

Os atributos da Análise Básica restantes também foram modelados utilizando a mesma interpretação, porém cada qual com suas condições e retornos específicos. As Figuras 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 e 35, localizadas no Anexo C representam cada um desses atributos em Diagramas de Sequência.

A partir da etapa do Plantio, é iniciado o monitoramento através de sensores, que enviam os dados ao servidor a cada intervalo de tempo pré-determinado (1 hora, como exemplificado na Figura 5).

As classes e atributos relevantes ao processo de coleta de dados através de sensores é representado através do Diagrama de Classes da Figura 10. A classe “Amostra Tempo Real” exerce papel de Classe Associativa entre “Coleta Sensorial” e “Recomendação”.

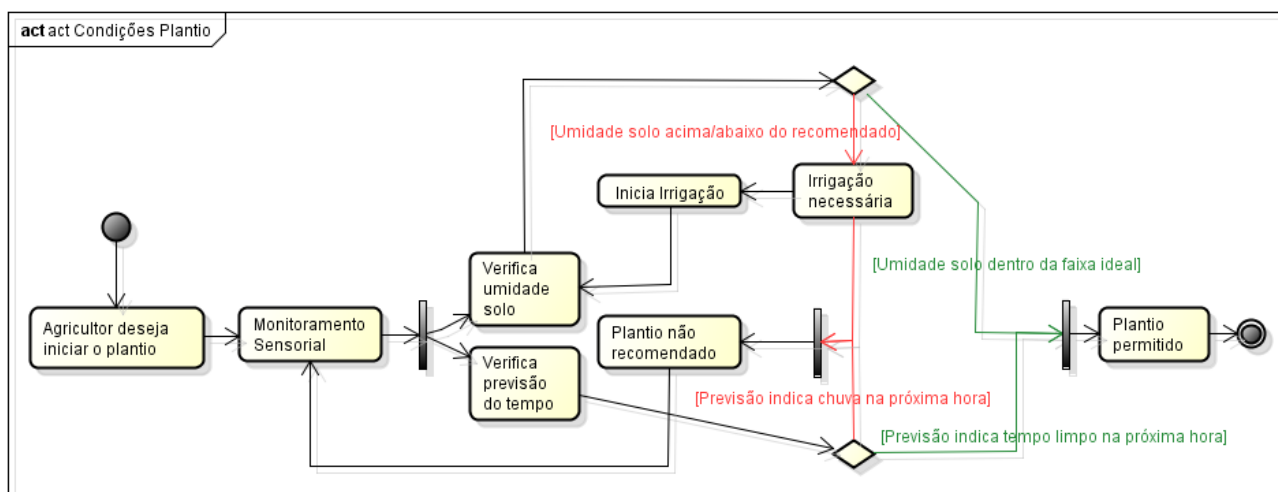
Figura 10 - Diagrama de Classes: Relação entre as classes definidas para amostra sensorial



Fonte: Autor (2014)

O plantio somente é realizado caso as condições estabelecidas nas regras sejam favoráveis. O Diagrama de Atividades da Figura 11 mostra o processo de verificação das informações coletadas pelos sensores para que o plantio tenha sucesso.

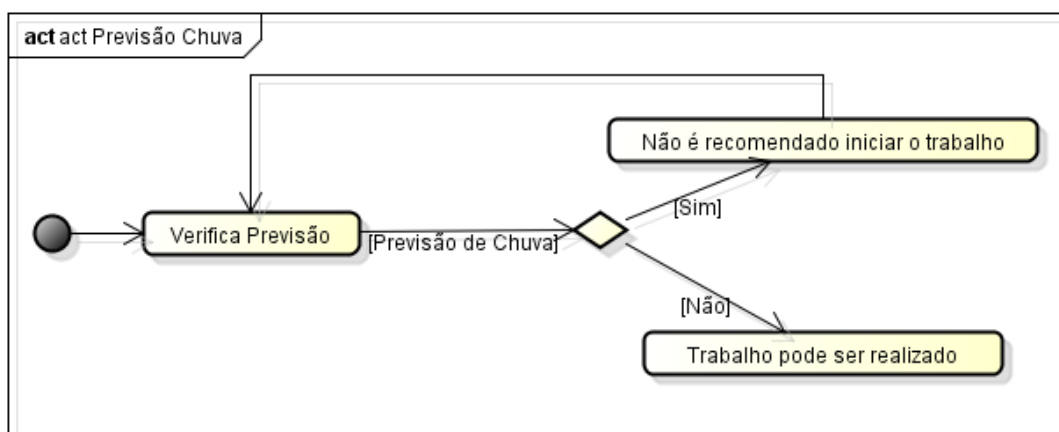
Figura 11 - Diagrama de Atividades: Fluxo de atividades para verificação das condições de plantio



Fonte: Autor (2014)

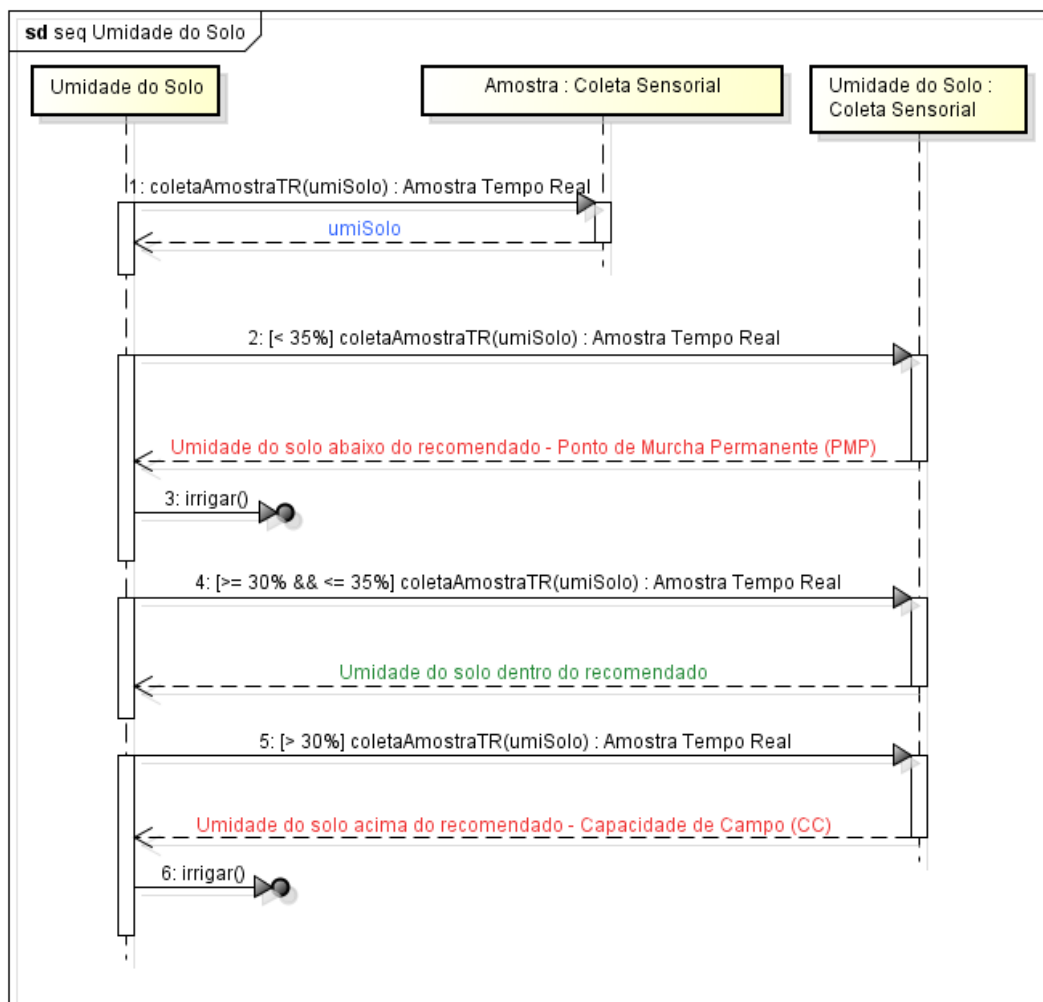
Os testes de verificação de umidade do solo e as informações da previsão do tempo são realizadas paralelamente, a partir da divisão da atividade “Monitoramento Sensorial” utilizando um ForkNode. A informação segue para os Decision Nodes, que por sua vez aplicam as regras e direcionam a informação ao caminho mais apropriado. Para unir os processos e dar um destino final, é utilizado o JoinNode. Nota-se que, no exemplo, quando as condições apontam para a atividade “Plantio não recomendado”, o processo retorna à atividade “Monitoramento Sensorial”. Existe uma particularidade relacionada à atividade “Verifica previsão do tempo”, pois não há um sensor que sozinho possa coletar tal informação. Para tanto, essa é uma condição (Se/Senão) que pode ser modelada utilizando um Diagrama de Atividades, conforme ilustra a Figura 12. Já a atividade “Verifica umidade solo” pode ser modelada utilizando a troca de mensagens de um Diagrama de Sequência, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 12 - Diagrama de Atividades: decisão baseada na escolha entre atividades



Fonte: Autor (2014)

Figura 13 - Diagrama de Atividades: troca de mensagens para verificar a umidade do solo



Fonte: Autor (2014)

O monitoramento realizado durante a fase de Acompanhamento da Lavoura já utiliza um número maior de informações coletadas pelos sensores do que na fase anterior. O Diagrama de Atividades ilustrado na Figura 36 (Anexo C) mostra detalhadamente como ocorre o processo de verificação. Foi utilizado um ForkNode para dividir e paralelizar as atividades “Monitoramento Sensorial” e “Coleta amostra foliar”, pois as condições apontadas pelos sensores para liberar a aplicação de defensivos não serão úteis sem um mapa de aplicação que indique ao produtor os locais onde as plantas necessitam de maiores cuidados. Essas atividades são enfim unidas através de um JoinNode e só então a aplicação de defensivos é permitida.

A etapa de Colheita é a última do ciclo, mas também de grande importância. Durante a colheita são gerados os mapas de produtividade em tempo real através de equipamentos de Agricultura de Precisão instalados nas máquinas colheitadeiras. Esses mapas servirão de base para que um novo ciclo se inicie no próximo ano. A colheita também só é realizada a partir da indicação de condições climáticas favoráveis, conforme informações advindas dos sensores, de forma a reduzir perdas. A Figura 37 (Anexo C) mostra o Diagrama de Atividades criado para detalhar os elementos da Colheita. Da mesma forma que os diagramas das Figuras 11 e 36, foram utilizados ForkNodes para atividades que devem ser realizadas em paralelo, e Decision Nodes para que as decisões sigam pelo caminho correto, até que a Colheita seja permitida pelas regras.

CONCLUSÕES

A evolução dos sistemas de informação para a agricultura exige que analistas de sistema e desenvolvedores busquem um maior contato com essa área, de forma a entender as suas necessidades. Contudo, existem dificuldades que envolvem o processo de concepção das informações que serão utilizadas. Os profissionais devem realizar estudos aprofundados sobre a agricultura, de forma a entender o funcionamento de cada etapa. A compreensão do domínio é um processo gradual e que não pode conter ambiguidades, pois as etapas seguintes à análise dependem muito da consistência das informações. Especificamente no caso da agricultura, existem muitas informações empíricas, como por exemplo, a medição do nível de friabilidade do solo, citada no Anexo B. Estas informações são muitas vezes esquecidas pela bibliografia, exigindo ao projetista certa prática na área.

O trabalho demonstrou que a modelagem conceitual é uma tarefa complexa, que envolve tanto o conhecimento técnico científico de ferramentas e linguagens de modelagem, como também conhecimentos baseados nas regras de negócio. Nesse ponto, além do contato com profissionais da área para troca de informações, o levantamento dos dados através de estudo bibliográfico também é de grande valia, especialmente com relação ao Manual de Adubação e Calagem (SBCS/NRS, 2004), visto a confiabilidade dos dados disponíveis nele.

Através da modelagem conceitual, verificou-se possível a utilização de diagramas UML para representar graficamente os componentes e processos de um domínio, desde que a semântica desses componentes seja respeitada, conforme afirmou Evermann (2003) em seu trabalho. É necessário realizar um trabalho minucioso de análise das informações coletadas para que o modelo não se torne desconexo.

A partir da proposta de modelagem conceitual desenvolvida neste trabalho, o projeto AgroMobile (AGROMOBILE..., 2012, p. 1) dispõe de dados reais de Agricultura de Precisão, os quais poderão ser utilizados na continuidade do projeto. A pesquisa e desenvolvimento da ontologia se beneficiarão com a totalidade dos dados, pois também necessitam validar condições para que ações sejam tomadas. Desse modo, a modelagem conceitual é praticamente uma base de dados para a ontologia. A pesquisa sobre a rede de sensores poderá utilizar os diagramas para auxiliar no processo de coleta de dados, além de identificar de modo geral em quais momentos deverão ser mais ativos e possíveis oportunidades de melhoria. O banco de dados estará mais bem preparado para receber os diferentes tipos de dados coletados tanto nas amostras de solo como nas amostras em tempo real. Em suma, dada a necessidade da pesquisa para

o projeto AgroMobile, os dados coletados e diagramas desenvolvidos servirão como referência e fonte bibliográfica para todo o projeto.

Como proposta de trabalhos futuros, pode-se sugerir a pesquisa e modelagem conceitual de monitoramento de pragas na lavoura de soja, expandindo o processo de acompanhamento da lavoura. Da mesma forma, pode-se utilizar o presente trabalho como referência para outros que também possuam foco na modelagem conceitual de um domínio de conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADUBAÇÃO. **Adubação nitrogenada é desnecessária na soja brasileira, diz pesquisa da Embrapa**. Soja Brasil, 2013. Disponível em: <<http://sojabrasil.ruralbr.com.br/noticia/2013/12/adubacao-nitrogenada-e-desnecessaria-na-soja-brasileira-diz-pesquisa-da-embrapa-4372774.html>>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- AGROMOBILE – Uma Arquitetura de Auxílio no Processo de Coleta de Informações no Acompanhamento de Lavouras**. Grupo de Análise, Simulação e Computação Aplicada. UNIJUÍ, 2012.
- ALBUQUERQUE, J. A. et al. **Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 33, n. 1, 2009.
- ARVUS TECNOLOGIA. **Agricultura de Precisão**. Arvus Tecnologia. 2013. Disponível em: <http://www.arvus.com.br/infos_AP.htm>. Acesso em: 30 Nov. 2013.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. **Agricultura e sustentabilidade: Contexto, Desafios e Cenários**. Artigo publicado Ciência & Ambiente, n. 29, p. 15-30, 2004.
- AURÉLIO, R.; MORGENSTERN, M.; MARAN, V. **Uma Definição Ontológica do Domínio de Agricultura de Precisão para a Arquitetura AgroMobile**. Salão do Conhecimento, v. 1, n. 01, 2013.
- BERNARDO, Salassier. **Impacto ambiental da irrigação no Brasil**. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997.
- BRAGA, G., **Calcular a Necessidade de Calagem**. Na Sala com Gismonti – Assuntos sobre Agronomia. 2011. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2011/06/calcular-necessidade-de-calagem.html>>. Acesso em: 18 Out. 2014.
- CAIRES, E. F. et al. **Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do solo, v. 26, n. 4, p. 1011-1022, 2002.
- CAPITAL DO CAMPO. **Plantio Direto x Plantio Convencional**. Capital do Campo. 2012. Disponível em: <<http://capitaldocampo.com.br/plantio-direto-x-plantio-convencional/>>. Acesso em: 30 Nov. 2013.
- COLEMAN, N.T. & THOMAS, G.W. **The basic chemistry of soil acidity**. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F., eds. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.

- CULTIVO. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima**. Embrapa – Sistema de Produção. 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/CultivodeSojanoCerrado deRoraima/clima.htm>>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- DALL'AGNOL, Amélio. **Adubação nitrogenada na soja**. AGROLINK – O portal do conteúdo Agropecuário, 2013. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/colunistas/ColunaDetalhe.aspx?CodColuna=4684>>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- DE ALMEIDA CAMPOS, Maria Luiza. **Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais**. Ci. Inf, v. 33, n. 1, p. 22-32, 2004.
- _____. **Linguagem documentária: teorias que fundamentam sua elaboração**. Eduff, 2001.
- DEVENS, P. **Acompanhar a Lavoura é Fundamental**. Diário da Manhã. 2012. Disponível em: <<http://www.diariodamanha.com/noticias.asp?ID=32900>>. Acesso em: 30 Nov. 2013.
- DUARTE, K. C.; FALBO, Ricardo A. **Uma ontologia de qualidade de software**. In: Workshop de Qualidade de Software, João Pessoa. 2000. p. 275-285.
- EVERMANN, Joerg Magnus. **Using design languages for conceptual modelling: the UML case**. 2003. Tese de Doutorado. University of British Columbia.
- FALKER. **Economizando com o HidroFarm**. Falker Automação Agrícola – Inovando a Agricultura. 2010. Disponível em: <http://www.falker.com.br/produto_download.php?id=7>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- FOWLER, M. **UML Essencial: Um Breve Guia para a Linguagem Padrão de Modelagem de Objetos A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language**. Bookman, 2014.
- FUNÇÃO BIJECTIVA**. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2013. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Fun%C3%A7%C3%A3o_bijectiva&oldid=37224973>. Acesso em: 25 out. 2014.
- GRUBER, T. R. **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing**. International Journal of Human-computer Studies, v. 43, n. 5, p. 907-928, 1995.
- GUARINO, N. **Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation**. International Journal of Human-Computer Studies, v. 43, n. 5, p. 625-640, 1995.
- IBGE. Mapa de Solos do Brasil, 2014. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>>. Acesso em: 20 Out. 2014.

- INSTALAÇÃO. **Instalação da Lavoura**. Embrapa – Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/instalacao.htm>>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- JUNTOLLI, F.; SANTOS, R.; INAMASU, R.; MOLIN, J. **Agricultura de Precisão**. In: Boletim Técnico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2013.
- MANTOVANI, E. C.. **Agricultura de precisão e sua organização no Brasil**. BORÉM, A.; GIÚDICE, MP; QUEIRÓZ, DM; MANTOVANI, EC, p. 77-92, 2000.
- MOLIN, José P.; BORÉM, A. **Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão**. BORÉM, A.; GIÚDICE, MP; QUEIROZ, DM; MANTOVANI, EC, p. 237-58, 2000.
- _____. **Tendências da agricultura de precisão no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba. 2004.
- MORGENSTERN, M. S., AURELIO, R., ALVES, R., MARAN, V. **Definição de uma Rede de Sensores para a Arquitetura AgroMobile**. In: XII Simpósio de Informática da UNIFRA (SIRC), 2013, Santa Maria - RS. Anais do XII Simpósio de Informática da UNIFRA (SIRC), 2013.
- MURAKAMI, E. **Uma infra-estrutura de desenvolvimento de sistemas de informação orientados a serviços distribuídos para agricultura de precisão**. 2006. 192 p. 2006. Tese de Doutorado. Tese (Doutorando)–Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- MYLOPOULOS, J. **Conceptual modeling and telos**. In P. Locuopoulos and R. Zicari, editors, *Conceptual Modeling, Databases and Cases*. John Wiley & Sons, Inc, New York. 1992.
- NUNES, José Luís da Silva, **Fertilidade**. AGROLINK – O portal do conteúdo Agropecuário. 2014a. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/adubacao.aspx>>. Acesso em: 19 Out. 2014.
- _____. **Irrigação**. AGROLINK – O portal do conteúdo Agropecuário. 2014c. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/irrigacao.aspx>>. Acesso em: 19 Out. 2014.
- _____, GIRACCA, Ecila Maria Nunes. **Micronutrientes**. AGROLINK – O portal do conteúdo Agropecuário. 2014b. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_micronutrientes.aspx>. Acesso em: 19 Out. 2014.

- PAIANO, Roberto; PANDURINO, Andrea; PULIMENO, Enrico. **From the BWW Conceptual Model to the Design of Family of Web Application**. In: WEBIST. 2007.
- PIRES, J. L. F. et al. **Discutindo agricultura de precisão - aspectos gerais**. Embrapa Trigo, 2004.
- POOLEY, R.; KING, P. **The unified modelling language and performance engineering**. In: Software, IEE Proceedings-. IET, 1999. p. 2-10.
- RICHTERS, Mark; GOGOLLA, Martin. **On formalizing the UML object constraint language OCL**. In: Conceptual Modeling–ER'98. Springer Berlin Heidelberg, 1998. p. 449-464.
- SANTOS, C. P.; DA SILVA, D. R.; CARDOSO, G. A. **ONIAQUIS–Uma Ontologia para a Interpretação de Análise Química do Solo**. VI Simpósio de Informática da Região Centro do Rio Grande do Sul. Unifra, 2007.
- SBCS/NRS. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC, 2004.
- SCHUELLER, J. K. **Technology for precision agriculture**. Precision agriculture, v. 97, p. 33-44, 1997.
- SISTEMATIZAÇÃO. **Sistematização e preparo do solo**. Embrapa – Cultivo do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins. 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoTocantins/sist_preparo_solo.htm>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- SOUSA, D. M. G. de, LOBATO, E., REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do cerrado**. Embrapa Cerrados. Circular Técnica, v. 32, 2005.
- STEFANCIK, Dominik. **Design and implementation of conceptual modelling tool**. Masaryk University, Faculty of Informatics. Brno. 2011.
- SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. **Evaluating the profitability of site-specific farming**. Journal of Production Agriculture, v. 11, n. 4, p. 439-446, 1998.
- TECNOLOGIAS. **Tecnologias de aplicação de defensivos**. Embrapa – Sistema de Produção de Ameixa Europeia. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ameixa/AmeixaEuropeia/tecnologia.htm>>. Acesso em: 20 Out. 2014.
- VICTORETTE, G. W. D. B.; TODESCO, José Leomar; GUEMBAROVSKI, Ricardo Hauss. **O processo de construção de ontologias baseado na modelagem UML**. 2008.
- VILLELA, M. L. B.; OLIVEIRA, A. P.; BRAGA, J. L. **Modelagem ontológica no apoio à modelagem conceitual**. Simpósio brasileiro de engenharia de software, v. 18, 2004.

- VITTI, G. C.; TREVISAN, W.. **Manejo de macro e micronutrientes para alta** produtividade da soja. Informações Agronômicas. Piracicaba, POTAFÓS, 2000.
- WARMER, Jos et al. **Experience with Formal Specification of CMM and UML**. Object-Oriented Technologys. Springer Berlin Heidelberg, 1998.
- WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Análise e Projeto de Sistemas da Informação**. Elsevier Brasil, 2004.

ANEXO A – DIAGRAMAS DA UML

Casos de Uso

Fowler (2014, p. 104) afirma que os casos de uso são uma técnica para capturar os requisitos funcionais de um sistema. Eles descrevem interações típicas entre os usuários e o sistema em si, fornecendo uma narrativa de como o sistema é utilizado. O autor cita que prefere descrever cenários como primeiro passo para a criação de um caso de uso. Em seguida, ele reúne um conjunto de cenários onde seus usuários possuam um objetivo em comum de forma a criar o caso de uso.

Fowler (2014, p. 104) cita que na abordagem de casos de uso, os usuários são tratados como atores. Um ator é um papel desempenhado por um usuário com relação ao sistema. Atores podem incluir clientes, vendedores, gerentes de vendas e analistas de produtos. Atores carregam casos de uso. Um único ator pode desempenhar muitos casos de uso. Da mesma maneira, um caso de uso pode possuir muitos atores o utilizando.

Segundo Fowler (2014, p. 105), não existe nenhuma maneira padronizada para escrever o conteúdo de um caso de uso e diferentes formatos funcionam bem em diferentes casos. A Figura 14 mostra um estilo comum de uso. Você começa escolhendo um dos cenários como sendo o cenário principal de sucesso. Dá início ao corpo do caso de uso escrevendo o cenário principal de sucesso como uma sequência de passos numerados. Então, pega os outros cenários e os escreve como extensões, descrevendo-os em termos de variações em relação ao cenário principal de sucesso. As extensões podem ser bem-sucedidas – o usuário atinge o objetivo, como em 3a – ou falhas, como em 6a.

Figura 14 - Exemplo de caso de uso textual

<p>Compra de um Produto</p> <p>Nível do Objetivo: Nível do Mar</p> <p>Cenário Principal de Sucesso:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O cliente <u>navega pelo catálogo e seleciona itens para comprar</u> 2. O cliente vai para o caixa 3. O cliente preenche o formulário da remessa (endereço de entrega; opção de entrega imediata ou em três dias) 4. O sistema apresenta a informação completa do faturamento, incluindo a remessa 5. O cliente preenche a informação de cartão de crédito 6. O sistema autoriza a compra 7. O sistema confirma imediatamente a venda 8. O sistema envia uma confirmação para o cliente por <i>e-mail</i> <p>Extensões:</p> <p>3a: Cliente regular</p> <ol style="list-style-type: none"> .1: O sistema mostra a informação atual da remessa, a informação de preço e a informação de cobrança .2: O cliente pode aceitar ou escrever por cima desses padrões, retornando ao CPS, no passo 6 <p>6a. O sistema falha na autorização da compra a crédito</p> <ol style="list-style-type: none"> .1: O cliente pode inserir novamente a informação do cartão de crédito ou cancelar
--

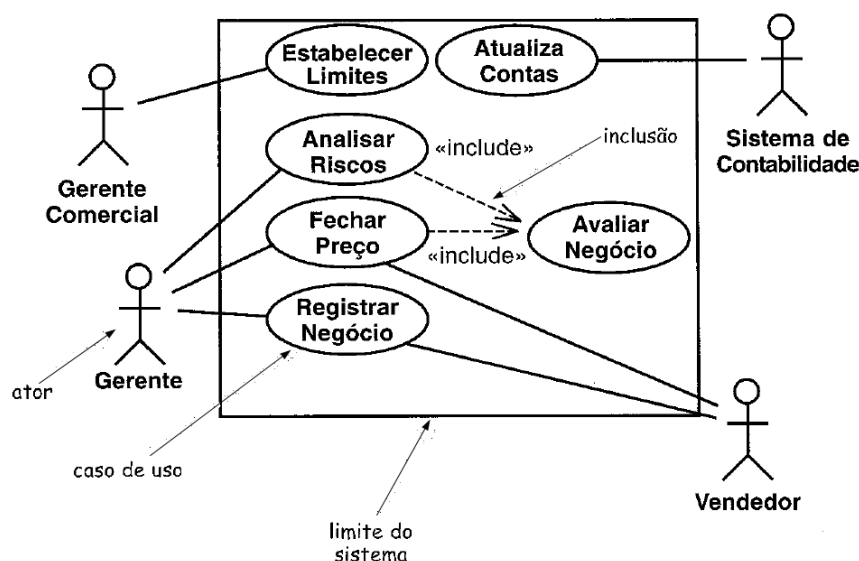
Fonte: Fowler (2014, p. 105)

Cada caso de uso tem um ator principal, que pede ao sistema para que execute um serviço. O ator principal é aquele cujo objetivo o caso de uso está tentando satisfazer e, normalmente é o iniciador do caso de uso. Podem existir outros atores com os quais o sistema se comunica enquanto executa o caso de uso. Eles são conhecidos como atores secundários. Cada passo em um caso de uso é um elemento da interação entre um ator e o sistema (FOWLER, 2014, p. 105).

Cada passo deve ser uma declaração simples e mostrar claramente quem está executando o passo. O passo deve mostrar a intenção do ator e não os mecanismos do que o ator faz. Consequentemente, você não descreve a interface com o usuário no caso de uso. Na verdade, a escrita do caso de uso normalmente precede o projeto da interface com o usuário (FOWLER, 2014, p. 105).

Apesar de a UML nada dizer sobre o conteúdo de um caso de uso, existe um formato de diagrama para mostrá-lo, como na Figura 15.

Figura 15 – Exemplo de diagrama de casos de uso.



Fonte: Fowler (2014, p. 107)

Apesar de o diagrama ser útil, ele não é obrigatório. Fowler (2014, p. 107) recomenda não focar tanto nele, mas sim no conteúdo textual dos casos de uso, pensando no diagrama apenas como um sumário gráfico do conjunto de casos de uso.

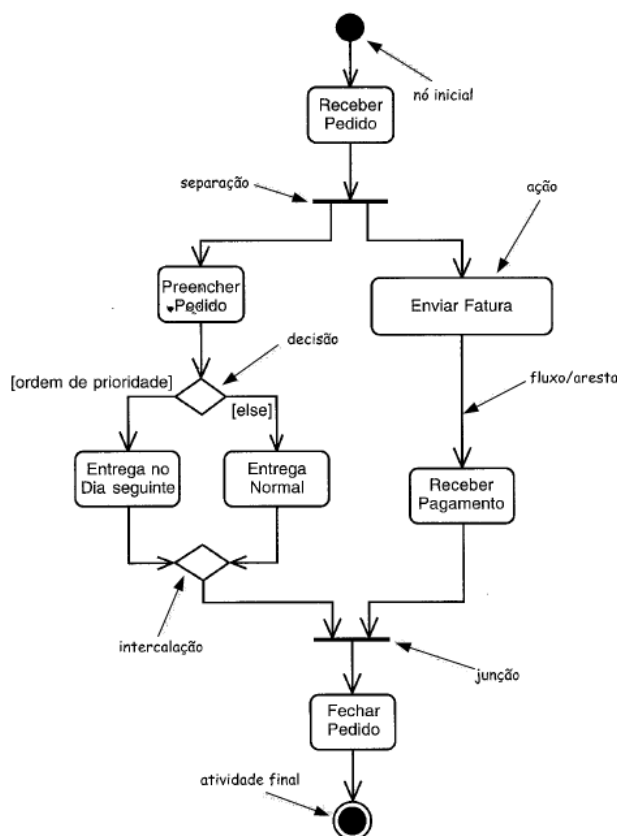
Diagramas de Atividades

Conforme Fowler (2014, p. 118), os diagramas de atividades são uma técnica para descrever lógica de procedimento, processo de negócio e fluxo de trabalho. Desempenham um papel semelhante aos fluxogramas, mas a principal diferença entre eles e a notação de fluxograma é que os diagramas suportam comportamento paralelo.

O diagrama de atividades permite a quem estiver seguindo o processo escolher a ordem na qual fazer as coisas. Em outras palavras, ele simplesmente determina as regras essenciais de sequência que se deve seguir. Isso é importante para modelagem de negócios, pois os processos frequentemente ocorrem em paralelo. Também é possível utilizar junções, que são pontos onde dois processos paralelos se unem de forma a poder seguir em frente no fluxo. As ações também podem ser decompostas em subatividades (FOWLER, 2014, p. 118).

A Figura 16 mostra um diagrama de atividade simples com seus componentes.

Figura 16 – Exemplo de diagrama de Atividades simples.



Fonte: Fowler (2014, p. 119)

Os diagramas de atividades dizem o que acontece, mas não dizem quem faz o que. Em programação, isso significa que o diagrama não comunica qual classe é responsável por cada ação. Na modelagem do processo de negócio, isso não comunica qual parte de uma organização executa qual ação (FOWLER, 2014, p. 120).

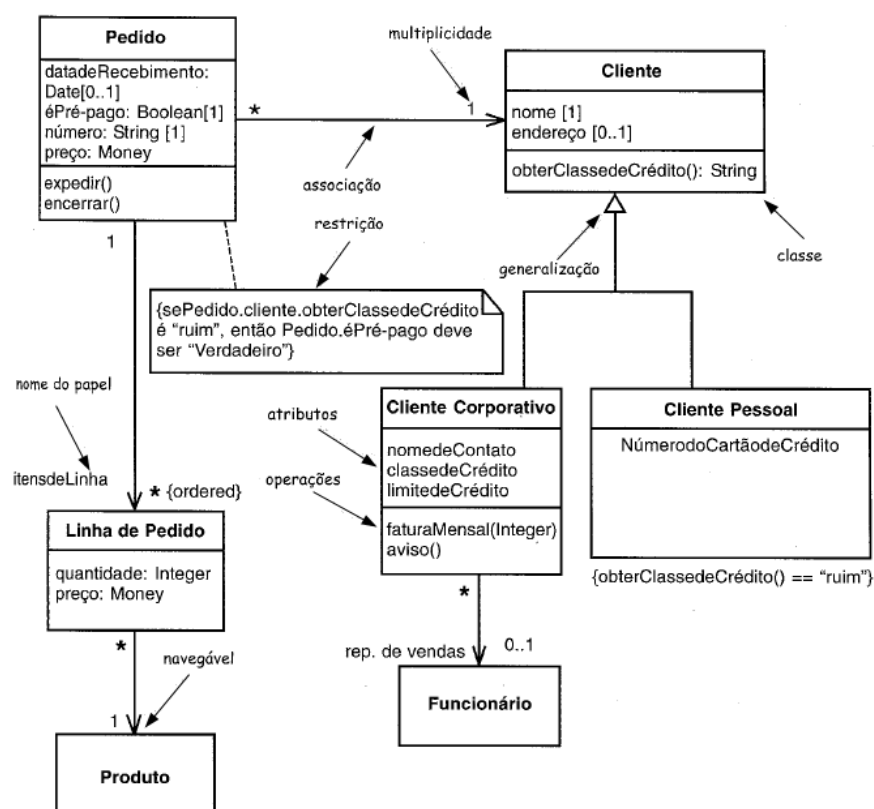
Através do exemplo na Figura 16, é possível observar os principais componentes que compõem um diagrama de atividades.

Fowler (2014, p. 128) aponta que a maior qualidade dos diagramas de atividades é o fato de suportarem e estimularem o comportamento paralelo, o que os torna uma excelente ferramenta para modelagem de fluxos de trabalho e de processos.

Diagramas de Classes

Segundo Fowler (2014, p. 52), um diagrama de classes descreve os tipos de objetos presentes no sistema e os vários tipos de relacionamentos estáticos existentes entre eles. Os diagramas de classes também mostram as propriedades e as operações de uma classe e as restrições que se aplicam à maneira como os objetos estão conectados. A UML utiliza a palavra **característica** como um termo geral que cobre as propriedades e operações de uma classe. A Figura 17 mostra um diagrama de classes simples, com seus principais componentes. Alguns conceitos relacionados aos diagramas de classes são listados a seguir.

Figura 17 – Exemplo de diagrama de classes simples



Fonte: Fowler (2014, p. 53)

Propriedades

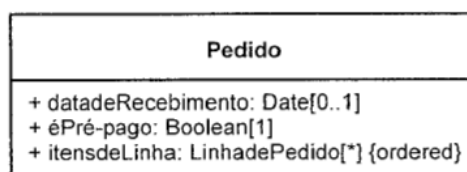
As propriedades representam as características estruturais de uma classe. Inicialmente, podem ser consideradas equivalentes aos campos de uma classe. Fowler (2014, p. 52) afirma que as propriedades são um conceito simples, porém aparecem em duas notações bastante distintas: atributos e associações. Embora ambas pareçam bastante diferentes em um diagrama, seu significado na realidade é a mesma coisa.

Atributos

Os atributos são características dos objetos instanciados ou valores de controle das classes. A Figura 18 demonstra as propriedades do objeto Pedido como atributos. Estes possuem características como (FOWLER, 2014, p. 53-54):

- Visibilidade – indica se o atributo é público (+) ou privado (-);
- Nome – como a classe se refere ao atributo;
- Tipo – indica uma restrição sobre o tipo de objeto que pode ser colocado no atributo;
- Valor Por Omissão – valor do objeto novo criado, caso o atributo não seja especificado durante a criação;
- Lista de Propriedades – permite a indicação de propriedades adicionais para o atributo.

Figura 18 – Propriedades de um pedido como atributos.



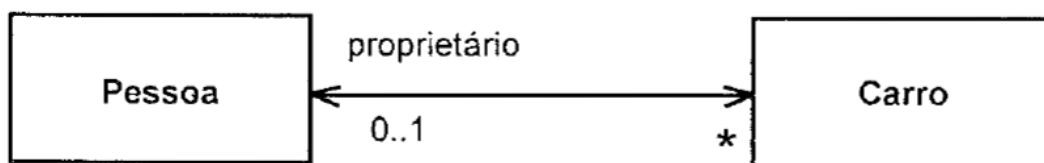
Fonte: Fowler (2014, p. 54)

Associações

Uma associação é outra forma de anotar uma propriedade. Praticamente as mesmas informações exibidas em um atributo aparecem em uma associação. Uma associação é representada por uma linha cheia entre duas classes, direcionada da classe de origem para a classe de destino. O nome da propriedade fica no destino final da associação, junto com sua multiplicidade. O destino final da associação vincula à classe que é o tipo da propriedade. Apesar disso, as associações podem mostrar multiplicidades nas duas extremidades da linha (FOWLER, 2014, p. 54).

Existem ainda associações bidirecionais, as quais são um par de propriedades inversamente vinculadas. No exemplo da Figura 19, a classe Carro tem a propriedade proprietário:Pessoa[1] e a classe Pessoa tem uma propriedade carros:Carro[*]. O vínculo inverso entre elas significa que, se você seguir as duas propriedades, deverá retornar a um conjunto que contém seu ponto de partida.

Figura 19 – Exemplo de associação bidirecional.



Fonte: Fowler (2014)

Fowler (2014, p. 54-55) descreve a multiplicidade de uma propriedade como uma indicação de quantos objetos podem preencher a propriedade.

Geralmente, as multiplicidades são definidas com um limite inferior e um limite superior, como 2..4 para jogadores de canastra. O limite inferior pode ser qualquer número positivo ou zero; o limite superior é qualquer número positivo ou * (para ilimitado). Se os limites inferior e superior forem os mesmos, você pode usar um único número; assim, 1 é equivalente a 1..1. Como se trata de um caso comum, * é a abreviatura de 0..* (FOWLER, 2014, p. 55).

Nos atributos, é possível encontrar vários termos que se referem à multiplicidade.

- Opcional significa um limite inferior igual a 0.
- Obrigatório significa um limite inferior igual a 1 ou possivelmente mais.
- Valor único significa um limite superior igual a 1.
- Valores múltiplos significa um limite superior maior que 1: normalmente, *.

Operações

Operações são as ações que uma classe sabe realizar. As operações correspondem aos métodos presentes em uma classe. A sintaxe completa da UML para as operações é: (FOWLER, 2014, p. 59):

visibilidade nome (lista-de-parâmetros): tipo-de-retorno {lista-de-propriedades}

- O marcador visibilidade é público (+) ou privado (-).
- O nome é uma sequência de caracteres.
- A lista-de-parâmetros é a lista de parâmetros da operação.
- O tipo-de-retorno é o tipo do valor retornado, se houver um.
- A lista-de-propriedades indica os valores de propriedade que se aplicam à operação dada.

Os parâmetros da lista de parâmetros são anotados de maneira semelhante aos atributos. A forma é:

direção nome: tipo = valor-por-omissão

- O nome, o tipo e o valor-por-omissão são iguais aos dos atributos.
- A direção indica se o parâmetro é de entrada (in), saída (out) ou ambos (inout). Se nenhuma direção for mostrada, assume-se que ela seja in.

Fowler (2014, p. 59-60) cita que não se devem usar operações para especificar a interface de uma classe, mas sim utilizá-las para indicar as responsabilidades principais de cada classe.

Generalização

Generalização ocorre quando dois ou mais objetos possuem semelhanças, mas também diferenças. Como exemplo, Fowler (2014, p. 60-61) utiliza uma classe geral Cliente (o super-tipo), que pode possuir subtipos Cliente Pessoa Física e Cliente Pessoa Jurídica. Assim como nas linguagens de programação orientadas a objetos, a subclasse pode herdar todos os recursos da superclasse e sobrepor todos os métodos da superclasse. O autor cita que um princípio importante para utilização da herança eficientemente é a capacidade de substituição. Deve ser possível substituir um Cliente Pessoa Jurídica dentro de qualquer código que exija um Cliente e tudo deve funcionar bem. Mesmo com a possível diferença de comandos dos dois objetos, o chamador não deve se preocupar com a diferença.

Fowler (2014 p. 60-61) alerta que, embora a herança seja um mecanismo poderoso, ela traz muita bagagem que nem sempre é necessária para obter a capacidade de substituição.

Notas e Comentários

Notas são comentários nos diagramas. Podem ser isoladas ou vinculadas, com uma linha tracejada, aos elementos que estão sendo comentados. Podem aparecer em qualquer tipo de diagrama.

Dependência

Uma dependência entre dois elementos existe se mudanças na definição de um elemento podem causar mudanças ao outro. Nas classes, as dependências existem por várias razões: uma classe envia uma mensagem para outra; uma classe tem outra como parte de seus dados; uma classe menciona outra como um parâmetro de uma operação. Se uma classe muda a sua interface, qualquer mensagem enviada para essa classe pode não ser mais válida. (FOWLER, 2014, p. 62-64). O autor afirma em seu livro que tentar mostrar todas as dependências em um diagrama de classes é uma perda de tempo, pois existem muitas e elas mudam

demais. Ele sugere utilizá-las em diagramas de classe somente quando forem diretamente relevantes para o assunto específico a ser transmitido. As dependências são mais bem utilizadas com diagramas de pacotes.

Regras de Restrição

Fowler (2014, p. 64) afirma que grande parte do processo de desenhar diagramas de classes é indicação de restrições. As construções básicas de associação, atributo e generalização fazem muito para especificar restrições importantes nos objetos, mas elas não conseguem indicar todas as restrições. A UML permite que se utilize qualquer coisa para descrever restrições. A única regra é que sejam colocadas entre chaves ({}).

“Os diagramas de classes são a espinha dorsal da UML; portanto, você irá utilizá-los o tempo todo. O problema com os diagramas de classes é que eles são tão ricos que podem ser complexos demais para usar” (FOWLER, 2014, p. 65).

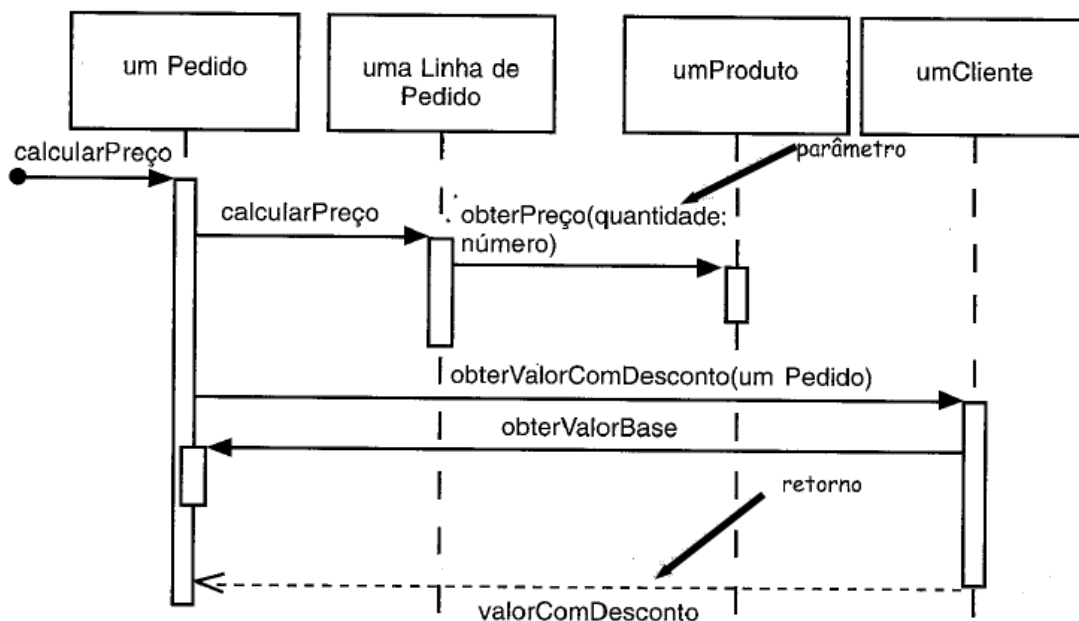
Diagramas de Sequência

Os diagramas de sequência são, de acordo com Fowler (2014, p. 67), a forma mais comum de diagrama de interação. Um diagrama de sequência captura o comportamento de um único cenário, mostrando exemplos de objetos e mensagens que são passadas entre esses objetos dentro de um caso de uso. Ele descreve interações focando na sequência de mensagens que são trocadas, em conjunto com suas correspondentes especificações nas linhas de tempo.

Fowler (2014, p. 67) afirma que mesmo os diagramas de sequência permitindo a representação de laços de repetição e condicionais, não considera os mesmos bons para tal propósito, indicando que diagramas de atividades ou mesmo código de programação podem produzir melhores resultados.

Os diagramas de sequência são compostos de participantes, representados por retângulos. Cada participante possui uma *lifeline* (linha de vida), representada por uma linha vertical abaixo do retângulo. As mensagens trocadas entre os participantes representam um evento ou uma operação de uma classe. Estas mensagens são representadas através de setas, e podem ser síncronas (seta contínua) ou assíncronas (seta tracejada). A Figura 20 exemplifica um diagrama de sequência.

Figura 20 – Exemplo de diagrama de sequência para controle distribuído.



Fonte: Fowler (2014, p. 69)

“Você deve utilizar diagramas de sequência quando quiser observar o comportamento de vários objetos dentro de um único caso de uso. Os diagramas de sequência são bons para mostrar as colaborações entre os objetos, mas não são tão bons para uma descrição precisa do comportamento” (FOWLER, 2003, p. 74).

ANEXO B – DADOS COLETADOS

Análise Básica

A análise básica do solo consiste no levantamento dos teores de componentes que são básicos a todas as culturas englobadas pelo Manual de Adubação e Calagem – MAC (SBCS/NRS, 2004, p. 1-404). Os componentes e a interpretação dos valores obtidos são detalhados a seguir:

- Teor de argila – utilizado para determinar a classe textural e a interpretação do teor de fósforo do solo extraído pelo método de Mehlich-1. O Quadro 2 detalha as faixas de teor de argila correspondentes a cada classe textural do solo. Os solos da região Noroeste do Rio Grande do Sul se enquadram na classe textural 1.

Quadro 2 - Determinação da classe do solo de acordo com os teores de argila

Argila	
Faixa	Classe
%	
≤ 20	4
≥ 21 e ≤ 40	3
≥ 41 e ≤ 60	2
> 60	1

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

- pH do solo – determina o nível de acidez do solo. Caso o nível esteja abaixo do recomendado, é realizada a aplicação de calcário em taxas variáveis de acordo com a necessidade específica em cada ponto da gleba. Baseando-se no pH de referência das culturas e utilizando o índice SMP, é possível medir a quantidade de calcário que deverá ser aplicado de forma a garantir o pH ideal para a cultura desejada.
- Necessidade de calcário – conforme citada no item anterior, é determinada pelo método SMP (Shoemaker et al., 1961). É medida através da relação do pH de equilíbrio da mistura entre solo e solução SMP. O índice SMP pode ser utilizado para indicar as quantidades de calcário necessárias para elevar o pH do solo a 5,5, 6,0 ou 6,5. O MAC aponta que um bom calcário agrícola é o que possui maior PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total), combinado com o PN (Poder de Neutralização) e a RE (Reatividade).
- Acidez Potencial (H + Al) – estimada pelo índice SMP

- Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 – o MAC afirma que o rendimento das culturas tem relação com o teor de fósforo no solo. Considera-se que, em solos de classe textural 1, a faixa adequada de teor de fósforo de 6,1 a 12mg/dm³ venha a apresentar melhor rendimento da cultura (de 90 a 100%). Abaixo disso, a probabilidade de resposta à adição do nutriente não é a mesma. Já os valores acima dessa faixa podem, eventualmente, ser excessivos e restringir o rendimento das culturas. O Quadro 3 mostra as faixas de teores e sua interpretação. Os valores ideais estão dentro do limite Alto do nutriente.

Quadro 3 – Teor de fósforo no solo, extraído através da solução de Mehlich-1

Fósforo no solo - mg/dm³					
Classe Textural	Teor de fósforo no solo, extraído pela solução de Mehlich-1				
	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
1	0-2	2,1-4	4,1-6	6,1-12	12,1+
2	0-3	3,1-6	6,1-9	9,1-18	18,1+
3	0-4	4,1-8	8,1-12	12,1-24	24,1+
4	0-7	7,1-14	14,1-21	21,1-42	42+

Fonte: SBSC/NRS (2004, p. 1-404)

- Fósforo extraído pelo método de resina de troca aniônica em lâminas – esse método é indicado para o diagnóstico da disponibilidade de fósforo em solos que foram adubados com fosfatos naturais nos últimos dois anos. É utilizado somente mediante solicitação do usuário. O Quadro 4 mostra a interpretação deste método, de acordo com o teor de fósforo encontrado.

Quadro 4 – Teor de fósforo no solo, extraído por resina de troca aniônica em lâminas

Interpretação	Teor de P
	mg/dm³
Muito baixo	<= 5,0
Baixo	5,1 - 10
Médio	10,1 - 20
Alto	20,1 - 40
Muito alto	> 40,1

Fonte: SBSC/NRS (2004, p. 1-404)

- Potássio extraível – é a quantidade composta pelo potássio da solução do solo e o K adsorvido às cargas negativas do solo (K trocável). Utiliza-se também o extrator de Mehlich-1. O teor de potássio no extrato é determinado por fotometria de

chama. O Quadro 5 mostra os teores de potássio e as faixas de interpretação, com destaque para a faixa Alto, onde estão os valores recomendados para melhor desenvolvimento da cultura.

Quadro 5 – Teor de potássio no solo, extraído através da solução de Mehlich-1

Teor de potássio no solo, extraído pela solução de Mehlich-1						
Rendimento Relativo - %	CTC cmol c/dm³	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
90-100	> 15	0-30	30-40	40-90	90-180	> 180
	5-15	0-20	20-60	60	60-120	> 120
	< 5	0-15	15-30	30-45	45-90	> 90

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

- **Matéria orgânica** – determinada por combustão úmida, utilizando-se dicromato de sódio e ácido sulfúrico. A matéria orgânica é oxidada e o dicromato é reduzido, ocorrendo modificação na cor da solução, que é proporcional ao teor de matéria orgânica, medindo através de colorimetria. Pode-se também avaliar a disponibilidade de nitrogênio no solo. O Quadro 6 mostra a interpretação para as faixas de teores de matéria orgânica no solo.

Quadro 6 – Teor de matéria orgânica no solo.

Matéria Orgânica	
Faixa - %	Interpretação
<= 2,5	Baixo
2,6-5,0	Médio
>= 5,0	Alto

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

- **Cálcio, magnésio trocáveis e enxofre extraível** – Os teores de cálcio e magnésio trocáveis e de enxofre extraível são enquadrados em três faixas: “Baixo”, “Médio” e “Alto”, conforme o Quadro 7. Consideram-se satisfatórios os teores desses nutrientes situados na classe “Médio”. Esses teores podem ser elevados com a aplicação de gesso agrícola.

Quadro 7 – Teores de Cálcio, Magnésio e Enxofre

Interpretação	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	cmol c/dm ³		mg/dm ³
Baixo	<= 2	<= 0,5	<= 2,0
Médio	2,1 - 4,0	0,6 - 1,0	2,1 - 5,0
Alto	> 4,0	> 1,0	> 5,0

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

- Capacidade de troca de cátions (CTC) – os valores são usados para os cálculos da saturação por alumínio e por bases.
- Saturação da CTC efetiva por Al.
- Saturação da CTC pH 7,0 por bases.
- Relações entre cátions.
- Determinação alternativa de fósforo por resina de troca aniônica.

Disponibilidade de Enxofre e Micronutrientes

Alguns laboratórios determinam os teores de micronutrientes, que se dividem em:

- Boro (B)
- Cobre e zinco (Cu e Zn)
- Manganês (Mn)

Os teores considerados satisfatórios estão na classe “Médio” do Quadro 8. Raramente são observadas deficiências de micronutrientes em culturas anuais nos solos dos Estados do RS e de SC.

Quadro 8 – Teores de micronutrientes

Interpretação	Cobre	Zinco	Boro	Manganês
	mg/dm ³			
Baixo	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 2,5
Médio	0,2 - 0,4	0,2 - 0,5	0,1 - 0,3	2,5 - 5,0
Alto	> 0,4	> 0,5	> 0,3	> 5,0

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

Correção da Acidez do Solo

A acidez do solo limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e da baixa saturação por bases (CAIRES ET AL., 2002, p. 1011-1022 apud COLEMAN ET AL., 1967, p. 1-41). O solo se torna ácido quando seu pH apresenta valores muito baixos. Conforme Caires et al. (2002, p. 1011-1022), a calagem é a prática mais eficiente para elevar o pH, os teores de Ca e a saturação por bases e reduzir Al e Mn trocáveis do solo.

O sistema de plantio direto exige cuidados diferentes, pois há quatro critérios que podem ser utilizados para determinar se o solo necessita ou não de calagem: o critério do pH, o critério da Saturação por Bases, o critério da Saturação por Al e o teor de P no solo. Os Quadros 9, 10 e 11 mostram cada um dos critérios citados, com seus valores e recomendações.

Quadro 9 – Critério do pH em água e recomendações

Sistema Plantio Direto – critério pH em água		
pH em água	Nível	Recomendação
< 5,5	Baixo	Calagem necessária
5,5 - 6,0	Médio	Calagem não recomendada
> 6,0	Alto	Calagem não recomendada

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

Quadro 10 – Critério da Saturação por Bases e recomendações

Sistema Plantio Direto - Critério da Saturação por Bases		
Sat CTC pH 7,0 por bases (%)	Nível	Recomendação
< 45	Muito baixo	Calagem necessária
45 - 64	Baixo	Calagem necessária
65 - 80	Médio	Calagem necessária
80+	Alto	Calagem não recomendada

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

Quadro 11 – Critério da Saturação por Al e recomendações

Sistema Plantio Direto - Critério da Saturação por Al		
Sat CTC efetiva por Al (%)	Nível	Recomendação
< 1	Muito baixo	Calagem necessária
1 - 10	Baixo	Calagem necessária
10,1 a 20	Médio	Calagem necessária
> 20	Alto	Calagem não recomendada

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

A necessidade de calagem (NC) é medida através da seguinte fórmula (BRAGA, 2011, p. 1):

$$NC \text{ (t/ha)} = (V2 - V1) \times T \times f / 100$$

Onde:

- V2 - valor a ser elevado;
- V1 - valor encontrado na análise;
- T - capacidade de troca de cátions a pH 7,0;
- f – fator de correção do PRNT do calcário a ser utilizado;

Toda recomendação de calagem é baseada em calcário com PRNT = 100%. Se o calcário a ser aplicado possuir um PRNT diferente deste, deve ser feita a seguinte correção (BRAGA, 2011, p. 1):

$$f = 100 / \text{PRNT do calcário utilizado}$$

A correção do solo é realizada somente uma vez durante todo o ciclo. Para a correção, são utilizados todos os dados de interpretação e recomendação vistos anteriormente. Cabe ao Engenheiro Agrônomo responsável escolher os produtos que possuam a composição química mais adequada a serem aplicados para atender as necessidades do solo.

Adubação

A adubação ou fertilização consiste na aplicação de produtos químicos contendo micronutrientes e macronutrientes. Existem vários tipos de fertilizantes no mercado, e cabe ao Engenheiro Agrônomo determinar qual produto atende melhor à necessidade da sua lavoura. Abaixo alguns exemplos de fertilizantes:

- Nitrogenados – ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio;
- Fosfatados – fosfatos naturais, termofosfatos, fosfatos solúveis;
- Potássicos – cloreto de potássio, sulfato de potássio;
- Fórmulas NPK;
- Macronutrientes secundários e micronutrientes;
- Fertilizantes foliares;
- Fertilizantes orgânicos.

Os trabalhos de adubação podem ser classificados de acordo com a necessidade. A listagem abaixo descreve os tipos de adubação.

- Adubação de Correção Total – quando há muita deficiência em Fósforo e Potássio, a adubação de correção total é a mais indicada. Se os resultados da análise indicarem teores de P ou K “Alto” ou “Muito Alto”, a adubação de correção total não é indicada. Também não é indicada para solos de classe textural 4. Nesse caso, é recomendada a utilização de adubação corretiva gradual.
- Adubação de Correção Gradual – pode ser recomendada quando não há a possibilidade de fazer a correção do solo de uma só vez. Esta prática consiste em aplicar, no sulco da semeadura ou a lanço, uma quantidade de P de modo a acumular, com o passar do tempo, o excedente e atingindo, após alguns anos, a disponibilidade de P desejada. Quando, na análise de solo, o nível de P estiver classificado como “Médio” ou “Bom” usar somente a adubação de manutenção (NUNES, 2014a, p. 1).
- Adubação de Manutenção – utilizada em situações que o teor do nutriente no solo se encontra na faixa de “Muito alto”. Adicionam-se somente as quantidades de manutenção ou o que for exportado pelas culturas. O Quadro 12 mostra os valores de adubação de manutenção para Fósforo e Potássio para a cultura Soja, com a expectativa de rendimento e as quantidades a serem adicionadas por tonelada de grãos produzidos acima do rendimento de referência.

Quadro 12 – Valores para adubação de manutenção.

Cultura	Rendimento Referência	Valores de manutenção (M) para o rendimento referência		Quantidade a acrescentar por tonelada adicional de grãos a serem produzidos	
		Kg de P ₂ O ₅ /ha	Kg de K ₂ O/ha	Kg de P ₂ O ₅ /ha	Kg de K ₂ O/ha
Soja	2 t/ha	30	45	15	25

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

- Adubação de Reposição – indicada quando os teores de nutrientes no solo estiverem na faixa “Muito Alto”. Nesse caso, recomenda-se não aplicar fertilizante no primeiro cultivo (primeiro ano) e aplicar valores menores ou iguais à manutenção no segundo cultivo (segundo ano).

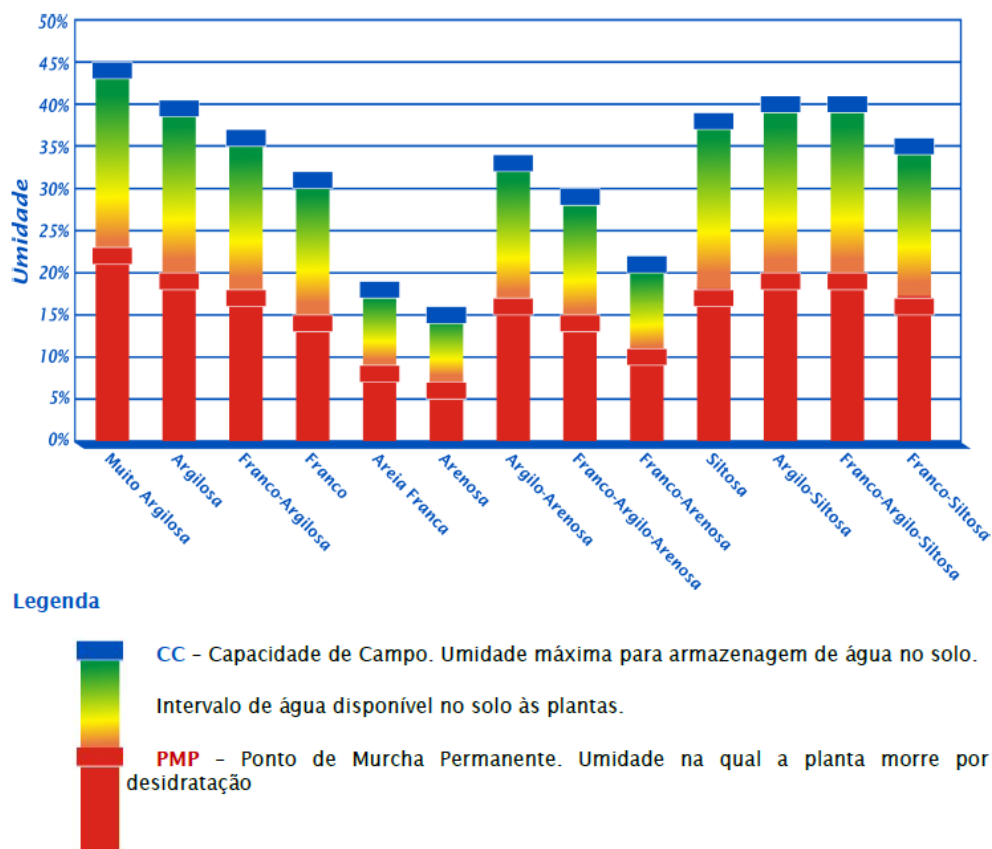
- Adubação Nitrogenada – aplicação de fertilizantes com nitrogênio em sua composição. A adubação nitrogenada não é utilizada para a cultura da soja, pois além de cara, não representa ganhos de produtividade (ADUBAÇÃO..., 2013, p. 1).
- Adubação com Micronutrientes – Solos arenosos e pobres em matéria orgânica são mais propensos às deficiências de micronutrientes, pois, além de não disporem de uma fonte que é a matéria orgânica, a lixiviação é facilitada pela falta de cargas elétricas que permitiriam a retenção dos micronutrientes adicionados via adubação (NUNES ET AL., 2014c, p. 1). De acordo com o MAC, as outras formas de adubação citadas anteriormente já dispõem de micronutrientes em sua composição, e em tese, solos de classe textural 1 não necessitam que seja realizada uma aplicação somente para esse fim.

Condições Ideais do Solo para Plantio

A temperatura média do solo, adequada para semeadura da soja, vai de 20°C a 30°C, sendo 25°C a ideal para uma emergência rápida e uniforme. Semeadura em solo com temperatura média inferior a 18°C pode resultar em drástica redução nos índices de germinação e de emergência, além de tornar mais lento esse processo. Temperaturas acima de 40°C também podem ser prejudiciais (INSTALAÇÃO..., 2004, p. 1).

Além disso, é muito importante estimar a umidade do solo, pois através desse fator é possível medir se as máquinas poderão trabalhar no terreno sem que este sofra com a compactação. Esse fator pode ser mensurado através do chamado ponto de friabilidade. Essa condição é na maior parte das situações medida de forma empírica, no momento em que o solo está com um teor de umidade em que parte dele, sendo comprimida na mão, é facilmente moldada, mas que, tão logo cessada esta força, a amostra é facilmente esboroadada (SISTEMATIZAÇÃO..., 2004, p. 1). Contudo, é possível estimar através de equipamentos eletrônicos a umidade exata do solo, buscando aprimorar a precisão da situação do campo. Falker (2010, p. 1) apresenta um gráfico, visto na Figura 21, onde se pode ter uma estimativa de qual seria a quantidade ideal de umidade dos solos.

Figura 21 - Intervalos do teor de umidade para as classes de solo



Fonte: Falker (2010, p. 1)

Observando a Figura 9, podemos verificar que a condição ideal de umidade do solo para plantio em solos Argilosos e Muito Argilosos, como na região de Santa Rosa, seria em torno de 30% a 35%.

Condições Ambientais para Aplicação de Defensivos

Ao aplicar defensivos nas lavouras, é necessário tomar diversos cuidados: uso do produto inadequado, equipamento desregulado, doses incorretas, momento ou estágio de aplicação incorreto, aplicação em condições climáticas inadequadas, água usada para mistura do agrotóxico no tanque de má qualidade, paradas com equipamento ligado, escorrimento e gotejamento e sobreposição de aplicação. Dentre estes, se destaca a aplicação com condições climáticas adequadas (TECNOLOGIAS..., 2005, p. 1).

As condições climáticas devem ser favoráveis à absorção e translocação dos produtos. Em geral, as condições devem ser as seguintes:

- Temperatura ambiente mínima de 10°C; ideal de 20°C a 30°C; máxima de 35°C;
- Umidade relativa do ar mínima de 60%; ideal de 70 a 90%; máxima de 95%;
- Ventos com velocidade inferior a 10 km/h;
- Sem riscos de chuva iminente.

Alguns herbicidas necessitam de até seis horas sem chuva, após a aplicação, para serem absorvidos em quantidade suficiente para serem eficientes. A baixa umidade relativa do ar provoca a desidratação da cutícula e o consequente secamento rápido da gota sobre a superfície da folha, provocando a cristalização do produto sobre a mesma, dificultando assim, a absorção da molécula. Altas temperaturas podem provocar a volatilização das moléculas e aumentar a evaporação das gotas. Por outro lado, temperaturas baixas podem reduzir o metabolismo das plantas e dificultar a absorção (TECNOLOGIA..., 2005, p. 1).

A aplicação na presença de ventos com velocidade acima de 10 km/h poderá provocar deriva e as gotículas não atingirão o alvo, podendo atingir locais não alvos, provocando danos em lavouras vizinhas (TECNOLOGIA..., 2005 p. 1).

O Quadro 13 aponta as condições ideais para aplicação de defensivos, a partir dos dados coletados na bibliografia.

Quadro 13 – Condições e recomendações para aplicação de defensivos

Condições para Aplicação de Defensivos			
Temperatura (°C)	Umidade do Ar (%)	Velocidade do Vento (km/h)	Recomendação
< 10	< 60	> 10	Aplicação não recomendada
>= 10 && <= 35	>= 60 && < 90	< 10	Aplicação permitida
> 35	>= 90	-	Aplicação não recomendada

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

Condições de Irrigação

Nunes (2014b, p. 1) cita que durante o estágio de germinação a umidade do solo deve estar entre 50% e 85%. Como a soja atinge o máximo de exigência hídrica na floração e enchimento dos grãos, o estresse hídrico neste período pode ocasionar problemas fisiológicos graves que ocasionam queda prematura de folhas e consequente redução de produtividade.

Utilizando as informações acima, o Quadro 14 mostra as faixas e recomendações para irrigação.

Quadro 14 – Condições e recomendações para irrigação

Condições para irrigação	
Umidade do solo (%)	Recomendação
< 50	Irrigação necessária
>= 50 && <= 85	Umidade dentro da faixa ideal
> 85	Umidade muito alta

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

Condições de Colheita

A maturação da soja pode ser acelerada por ocorrência de altas temperaturas. Quando vêm associadas a períodos de alta umidade, as altas temperaturas contribuem para diminuir a qualidade das sementes e, quando associadas a condições de baixa umidade, predis põem as sementes a danos mecânicos durante a colheita. Temperaturas baixas na fase da colheita, associadas a período chuvoso ou de alta umidade, podem provocar um atraso na data de colheita, bem como haste verde e retenção foliar (CULTIVO..., 2009, p. 1).

Considerando as afirmações acima, é possível estabelecer relações entre as condições climáticas durante a colheita e a qualidade dos grãos. Os valores de umidade do solo a serem utilizados serão os mesmos da etapa de plantio (de 30% a 35%), bem como o clima ideal (entre 20°C e 30°C) e umidade relativa do ar semelhante aos valores da tarefa de aplicação de defensivos (entre 60% e 95%). O Quadro 14 ilustra os valores citados acima.

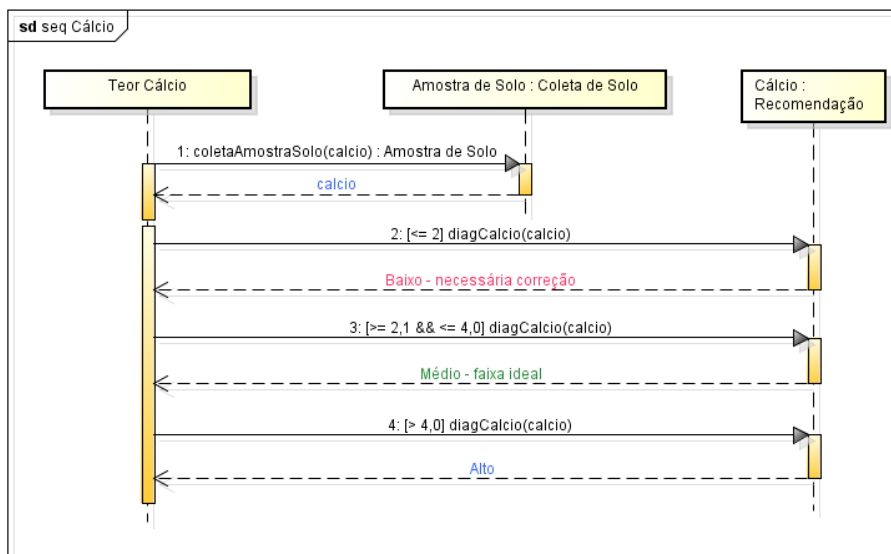
Quadro 15 – Condições climáticas para colheita da soja

Condições climáticas para colheita da soja			
Umidade do Solo (%)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Recomendação
< 30	< 20	< 60	Colheita não recomendada
>= 30 && <= 35	>= 20 && <= 30	>= 60 && <= 95	Condições ideais para colheita
> 35	> 30	> 95	Colheita não recomendada

Fonte: SBCS/NRS (2004, p. 1-404)

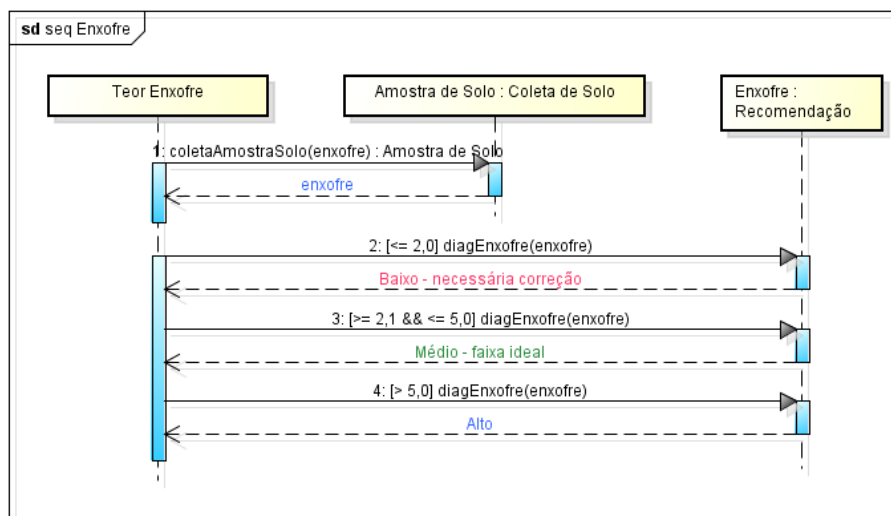
ANEXO C – DIAGRAMAS UML DESENVOLVIDOS

Figura 22 - Condições para verificação do teor de Cálcio na amostra de solo



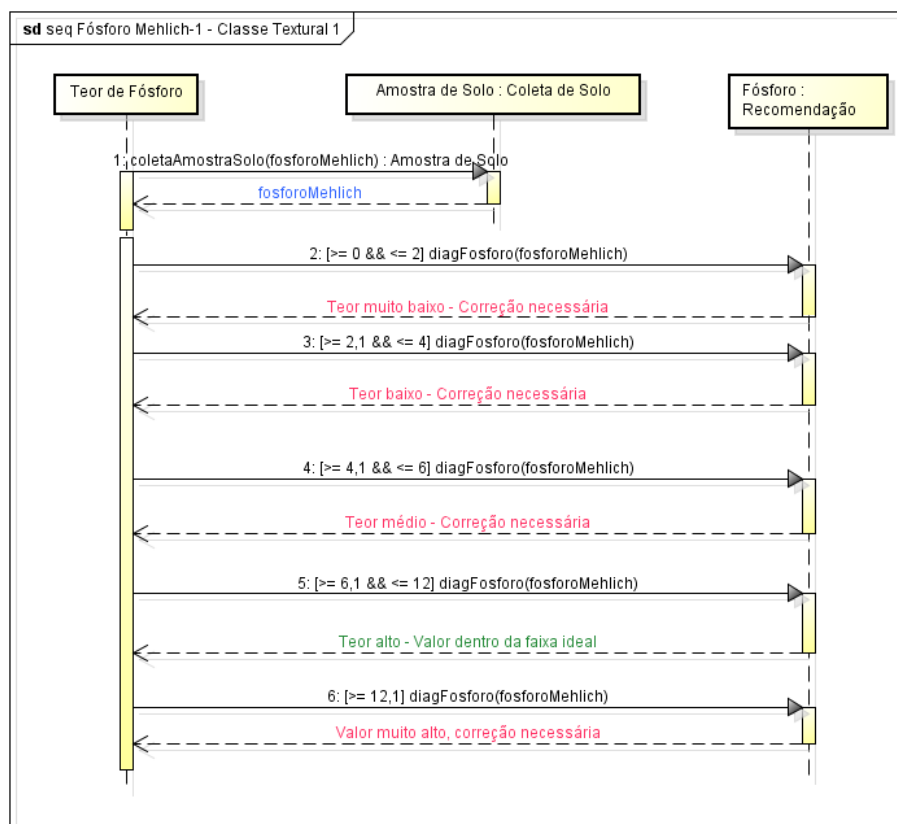
Fonte: Autor (2014)

Figura 23 - Condições para verificação do teor de Enxofre na amostra de solo



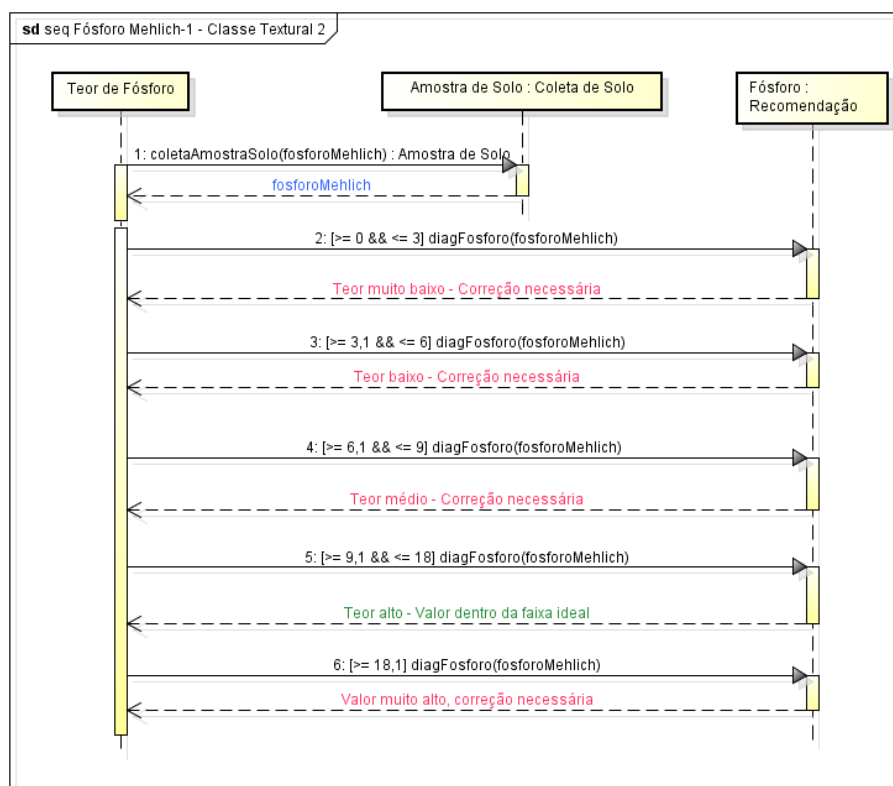
Fonte: Autor (2014)

Figura 24 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 1



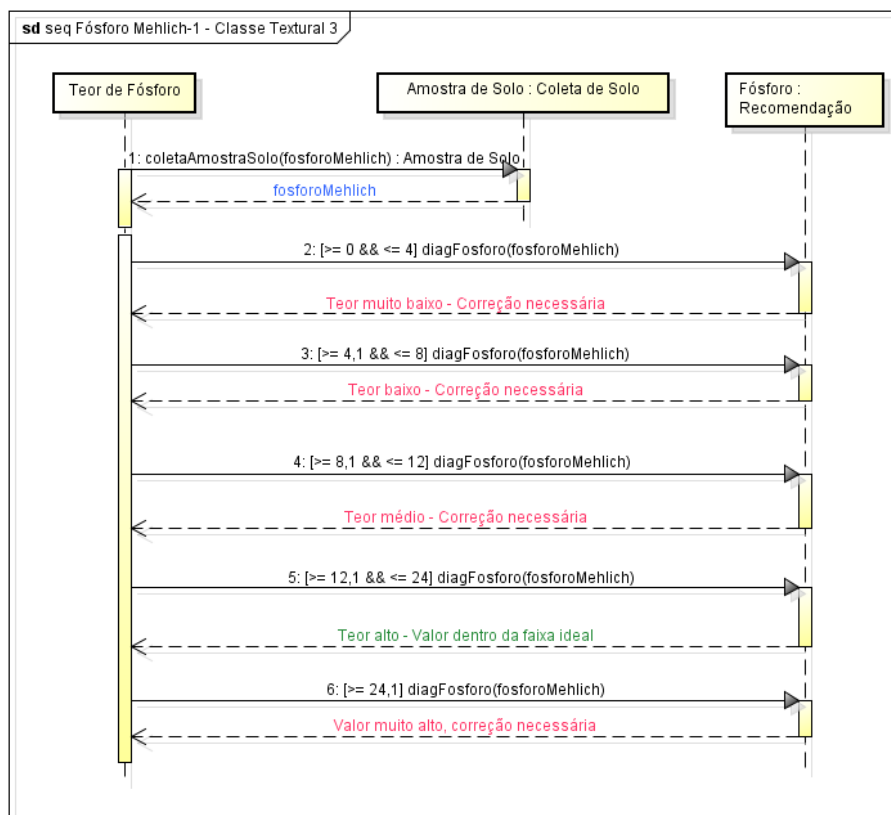
Fonte: Autor (2014)

Figura 25 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 2



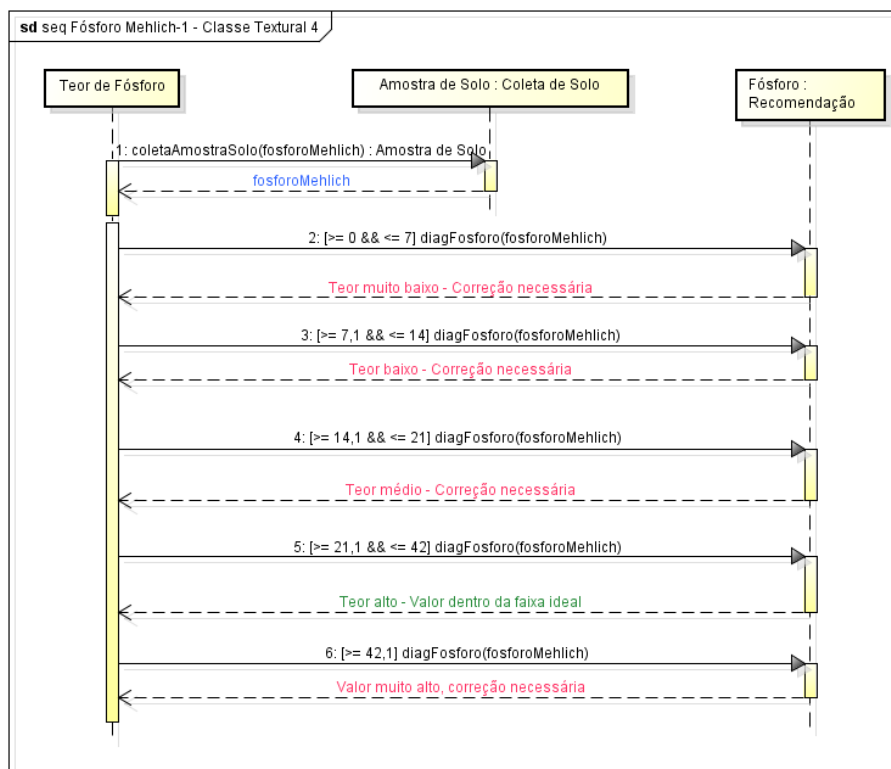
Fonte: Autor (2014)

Figura 26 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 3



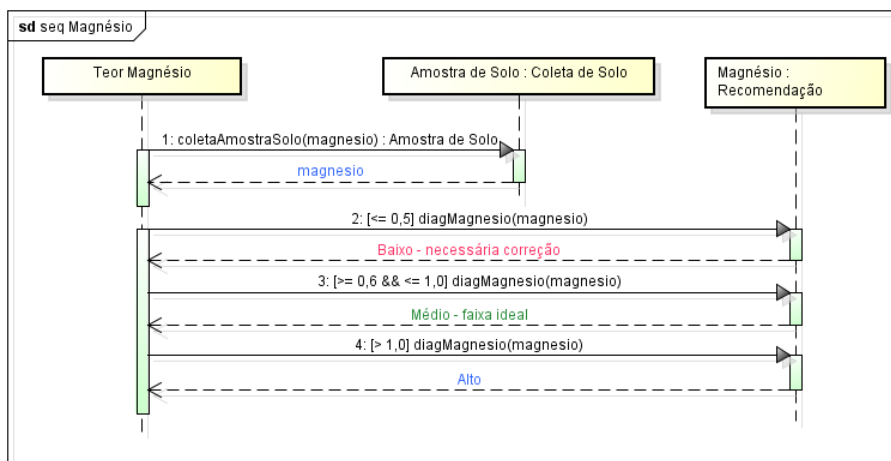
Fonte: Autor (2014)

Figura 27 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Mehlich-1 para Classe Textural 4



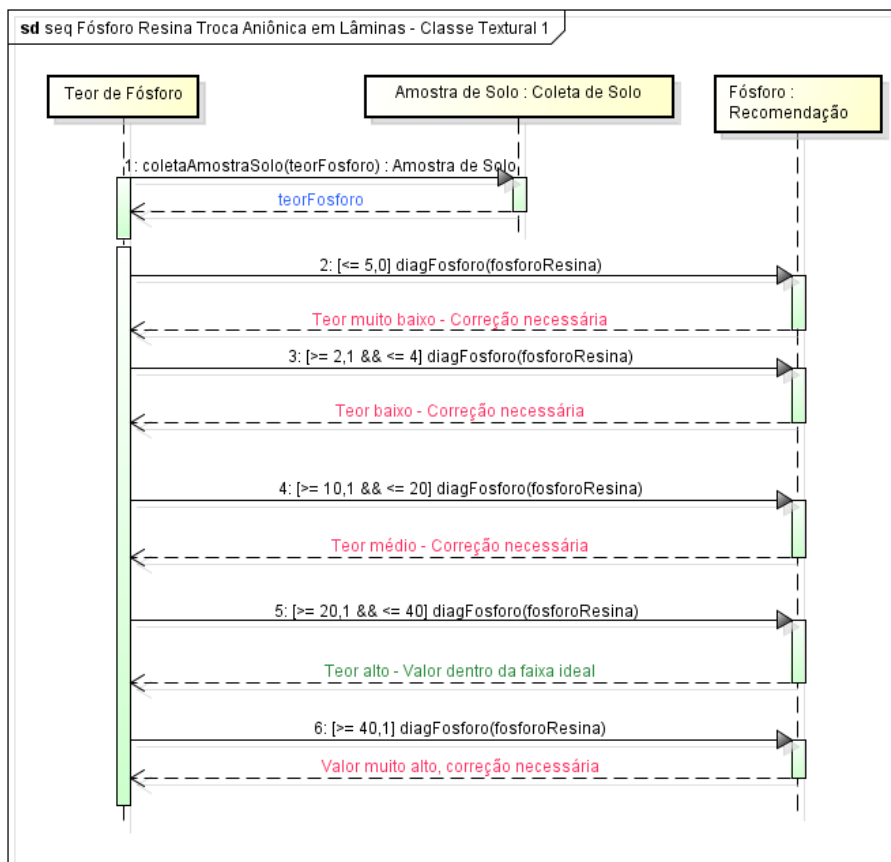
Fonte: Autor (2014)

Figura 28 - Condições para verificação do teor de Magnésio na amostra de solo



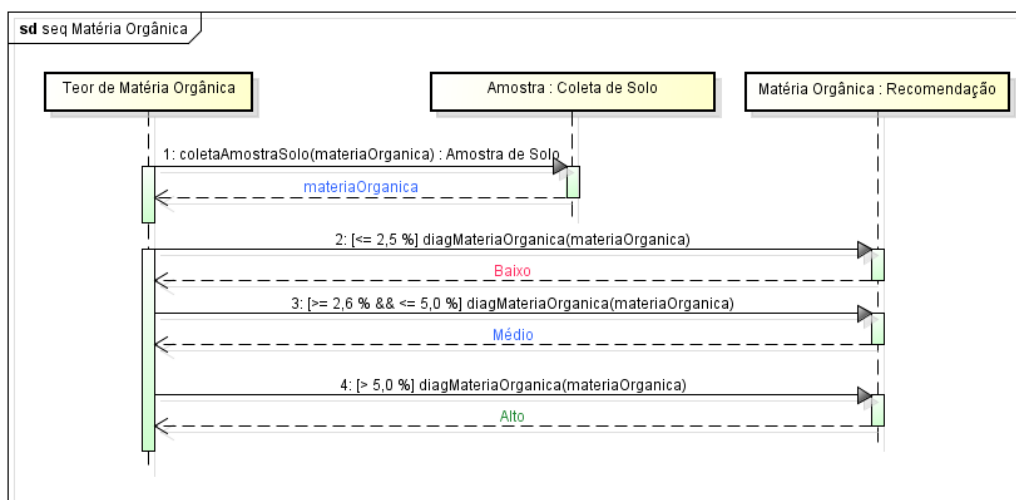
Fonte: Autor (2014)

Figura 29 - Condições para verificação do teor de Fósforo extraído pelo método de Resina de Troca Aniônica em Lâminas para Classe Textural 1 na amostra de solo



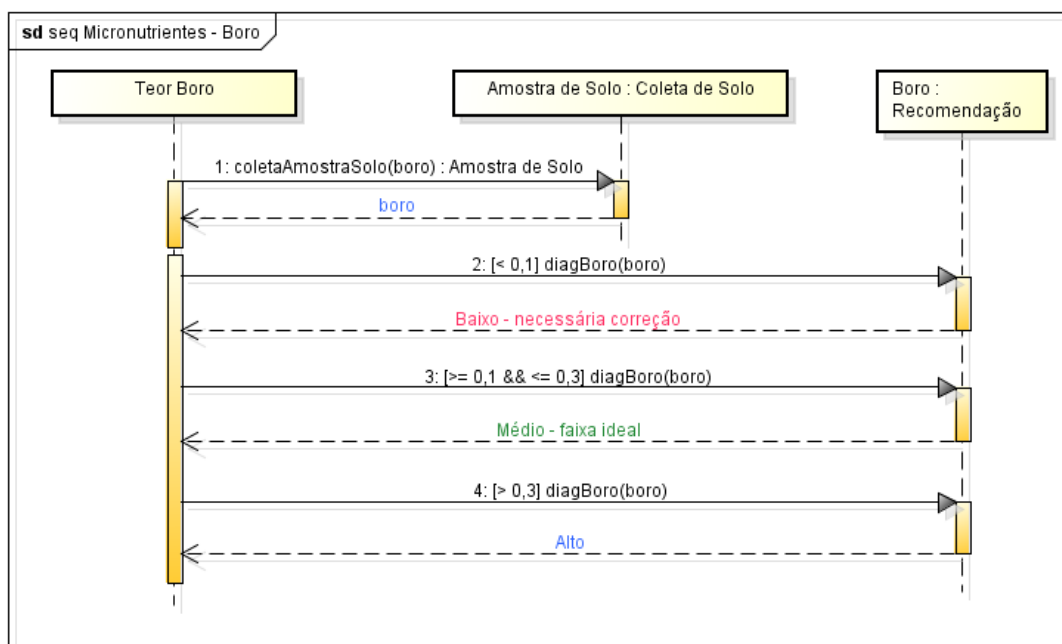
Fonte: Autor (2014)

Figura 30 - Condições para verificação do teor de Matéria Orgânica na amostra de solo



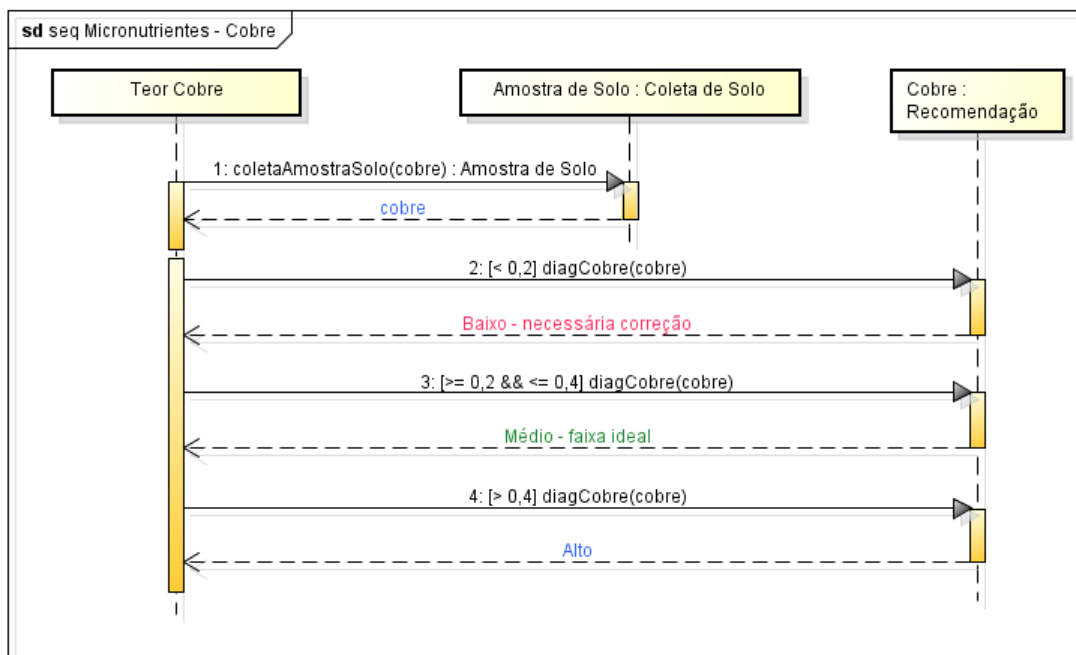
Fonte: Autor (2014)

Figura 31 - Condições para verificação do teor de Boro na amostra de solo



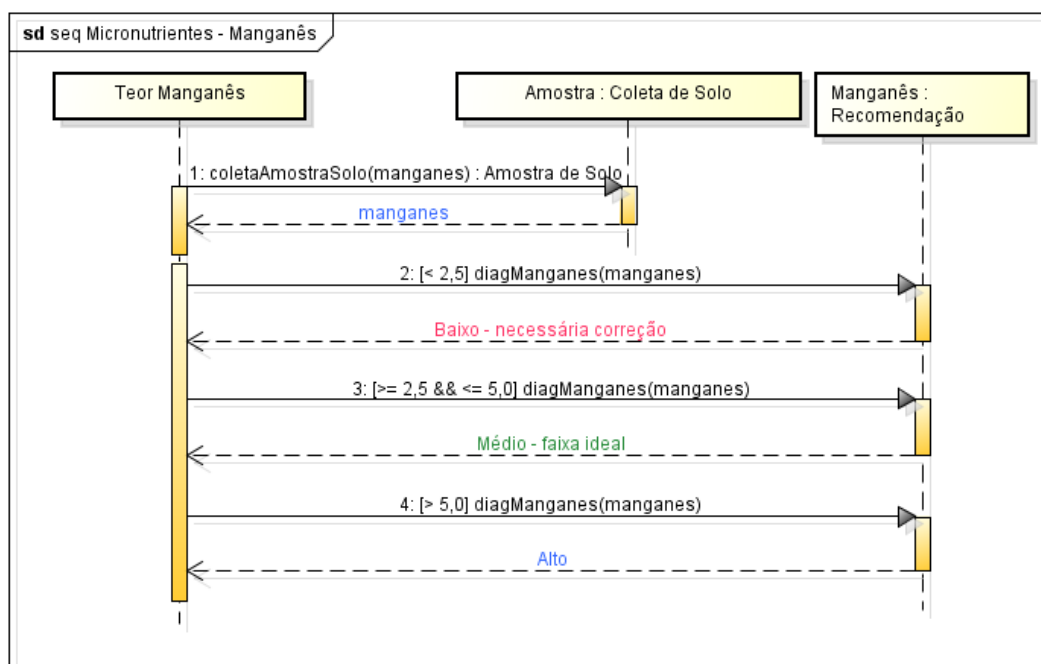
Fonte: Autor (2014)

Figura 32 - Condições para verificação do teor de Cobre na amostra de solo



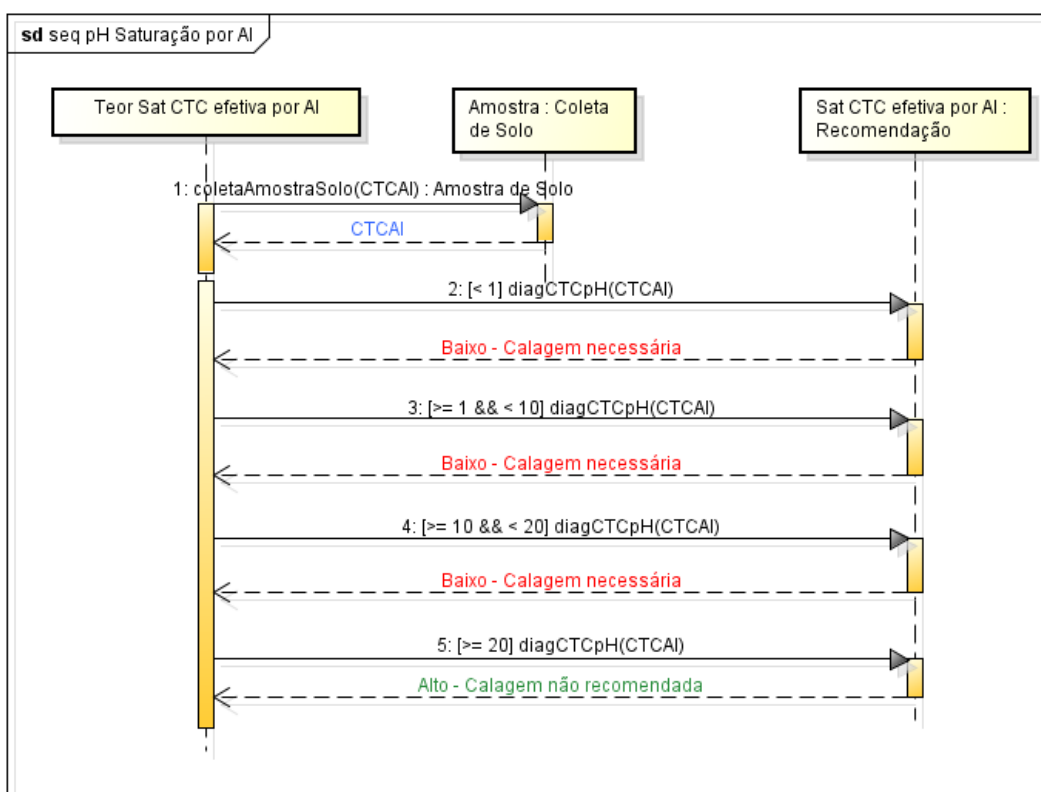
Fonte: Autor (2014)

Figura 33 - Condições para verificação do teor de Manganês na amostra de solo



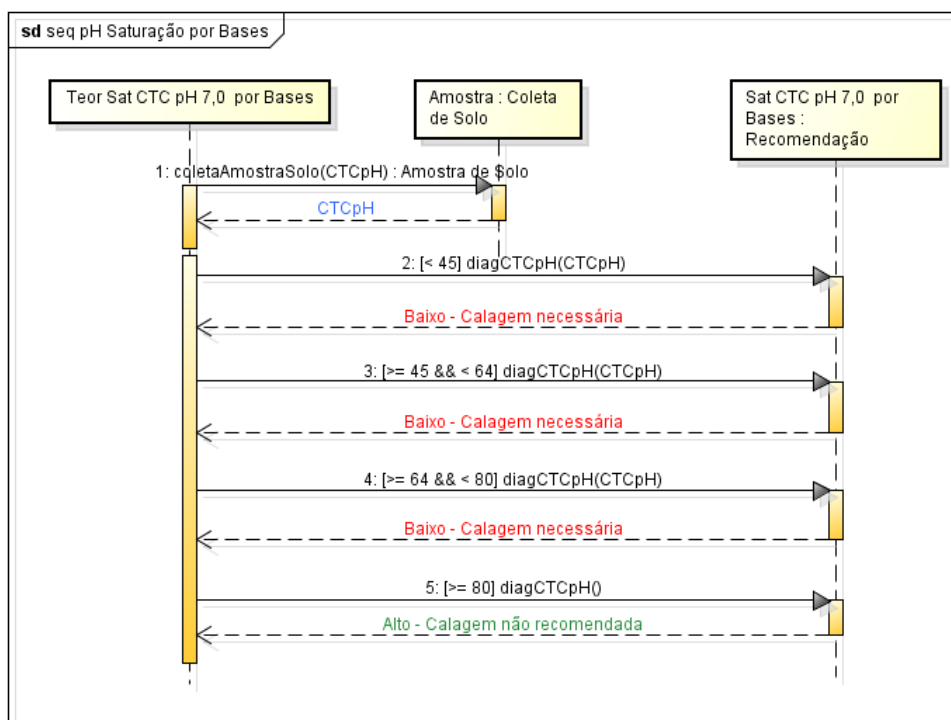
Fonte: Autor (2014)

Figura 34 - Condições para verificação do teor de pH (Saturação por Al) na amostra de solo



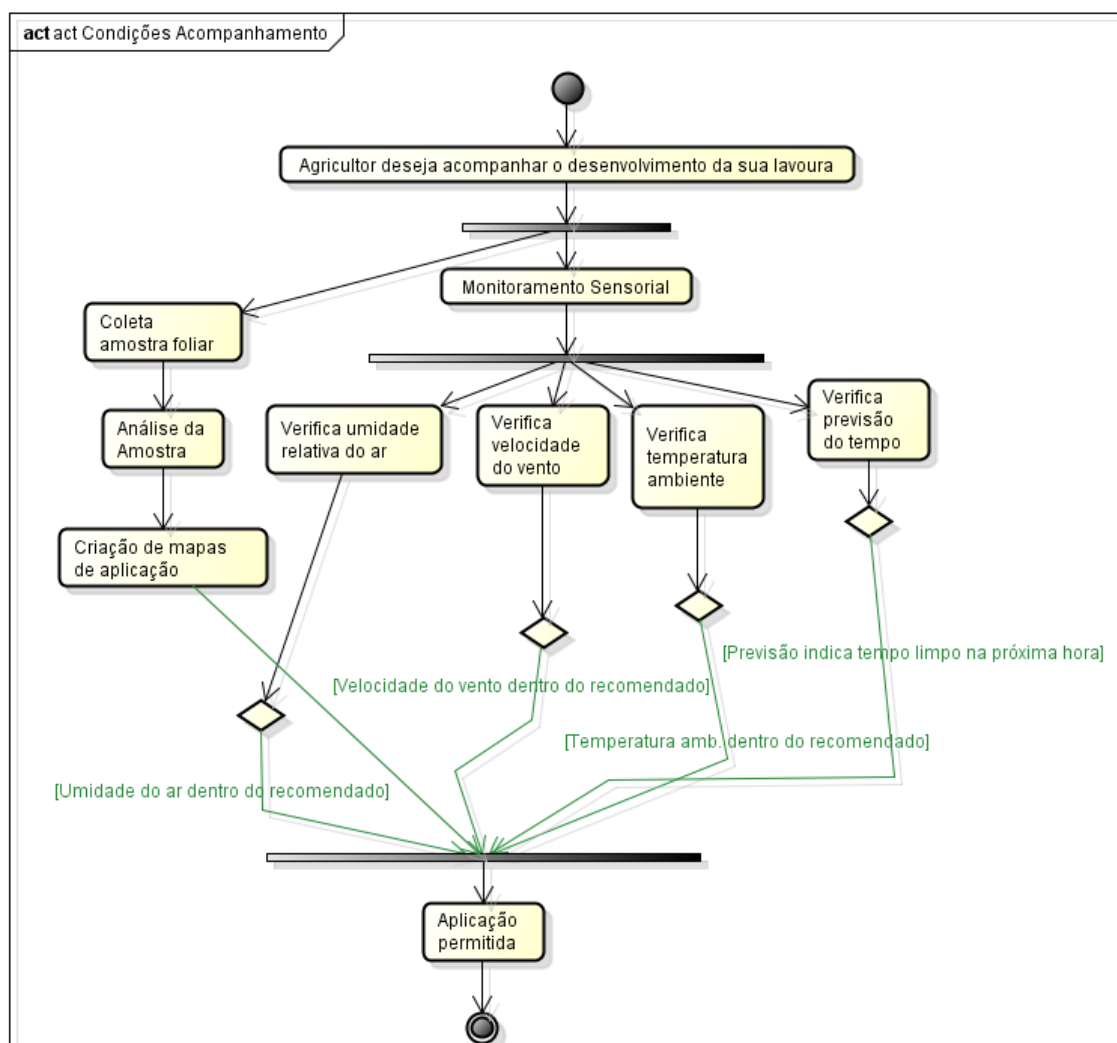
Fonte: Autor (2014)

Figura 35 - Condições para verificação do teor de pH (Saturação por Bases) na amostra de solo



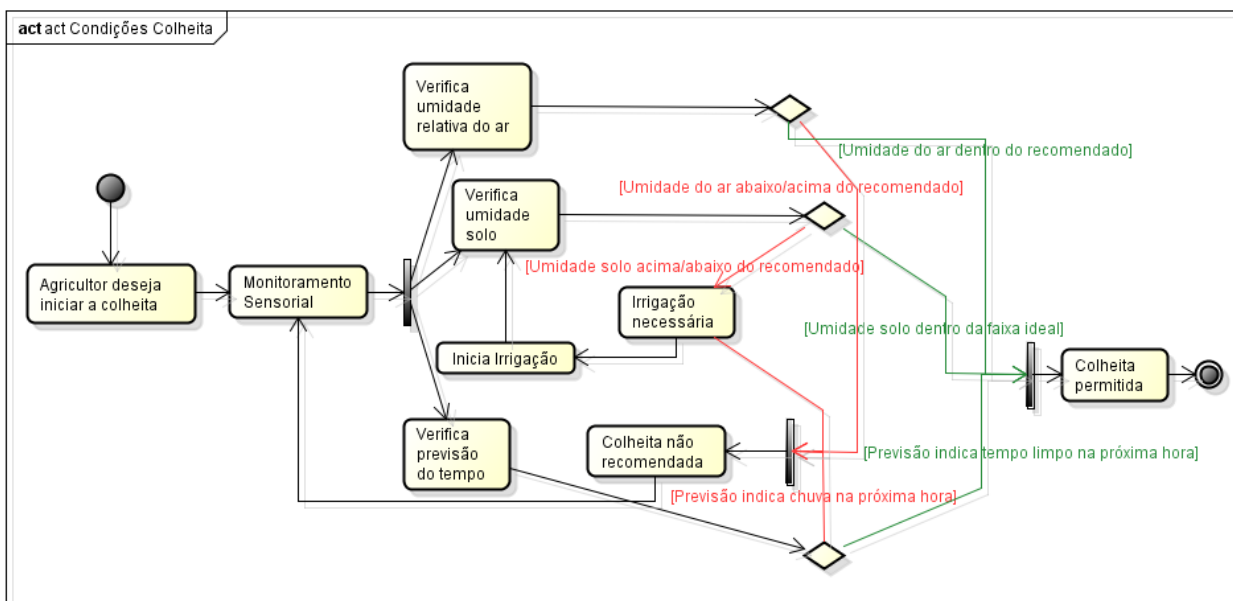
Fonte: Autor (2014)

Figura 36 - Diagrama de Atividades: Fluxo de atividades para verificação das condições de acompanhamento da lavoura



Fonte: Autor (2014)

Figura 37 - Diagrama de Atividades: Fluxo de atividades para verificação das condições de colheita



Fonte: Autor (2014)