

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

FELIPE INGLETTO VICTORETI

**Mapeamento e Documentação de Feições
Visuais Diagnósticas para Interpretação em
Sistema Baseado em Conhecimento no
Domínio da Petrografia**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência
da Computação.

Prof^a. Dr^a. Mara Abel
Orientadora

Prof. Dr. Manuel Menezes de Oliveira Neto
Co-orientador

Porto Alegre, junho de 2007.

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Victoreti, Felipe Ingleto

Mapeamento e Documentação de Feições Visuais Diagnósticas para Interpretação em Sistema Baseado em Conhecimento no Domínio da Petrografia / por Felipe Ingleto Victoreti. - Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2007. Orientadora Mara Abel; Co-orientador: Manuel Menezes de Oliveira Neto.

87 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR – RS, 2007.

1. Conhecimento visual. 2. Anotação de imagens 3. Ontologias 4. Sistemas de coordenadas. I. Abel, Mara; II. Oliveira Neto, Manuel Menezes de. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Vice-Reitor: Prof. Pedro Cezar Dutra Fonseca

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Profa. Valquiria Linck Bassani

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Flávio Rech Wagner

Coordenadora do PPGC: Profa. Luciana Porcher Nedel

Bibliotecária Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

*Somente a fé nos faz terminar cada dia pensando no próximo,
sem ela não pensaríamos adiante.*

Tentarei demonstrar o agradecimento a todos aqueles que participaram, de alguma forma, deste trabalho. Percebi que terei que me estender no texto devido à emoção.

Inicialmente, gostaria de agradecer à UFRGS, por ser uma instituição tão presente nas etapas de minha formação, ao Instituto de Informática da UFRGS e ao Programa de Pós-Graduação em Computação pelo estudo de excelente qualidade em variadas áreas de pesquisa da computação e por ter proporcionado uma infra-estrutura de incentivo ao estudo com empenho. Gostaria de agradecer a todos os professores por estimularem, a cada aula e conversa, a importância da pesquisa e o diferencial que o estudo representa nas nossas vidas. Aos funcionários competentes e atenciosos que transmitem um orgulho de colaborarem para a formação dos alunos presentes na instituição.

Agradeço à Petrobras, em especial aos laboratórios de Petrografia Sedimentar, por disponibilizarem recursos de projetos de pesquisa como o desenvolvido neste trabalho. Agradeço ao Rogério Schiffer, Dorval Dias Filho (CENPES) e Eveline Zambonato (UN-ES) pelas sugestões e melhorias das ferramentas aqui desenvolvidas.

Agradeço, especialmente, à Enderper que me proporcionou flexibilidade no trabalho e permitiu uma mudança de papéis de colaborador e aluno. Não conseguiria ter desenvolvido este trabalho fora dela.

Aos colegas de grupo de pesquisa de Bancos de Dados Inteligentes agradeço o apoio e amigos incomparáveis: Carlos Ramisch, Cláudio Fuzitaki pelo módulo de anotação de imagens adaptado a esse trabalho, Luiz Hermes Svoboda, Marina Minozzo, Maurício Schoenfelder, Carlos Santin, Marília Mello, João Valiati, William Gonçalves e Marco Wisniewski. Agradeço ao Luis Álvaro de Lima Silva por representar tamanha importância neste trabalho que não poderia existir sem sua pesquisa anterior e sem o desenvolvimento do sistema *PetroGrapher*. Ao Sandro Rama Fiorini e Eduardo Castro por estarem presentes em todas as dificuldades, pelas quais, o sistema passou, e dispostos a resolverem os problemas a qualquer hora, por seus questionamentos e sugestões, além da presença positiva de humor. Muito obrigado à Laura Mastella pelo incentivo ao trabalho, pela revisão parcial do texto, pela importância que tem no projeto *PetroGrapher* e por ser uma amiga sensacional a qualquer momento.

Agradeço ao Professor co-orientador deste trabalho, Manuel Menezes de Oliveira Neto, pelas sugestões de melhoria no texto e nas ferramentas desenvolvidas. Pela sua capacidade de irradiar com pleno entusiasmo uma pequena solução de forma prática, pela sua disponibilidade e paciência. Por suas idéias que, em sua maioria, foram desenvolvidas e aquelas que não chegaram a se concretizar, serão úteis futuramente.

Ao Professor Luiz Fernando De Ros que serviu de orientação e suporte da Geologia, além de sugestões colocadas em prática neste trabalho. Agradeço por lidar de uma maneira simples e direta em todas as conversas que tivemos.

Agradeço à geóloga doutora Karin Goldberg pela sua atenção, pelas sugestões de melhoria nas ferramentas desenvolvidas e por seus extensivos testes.

Agradeço à minha orientadora Mara Abel por todo o incentivo de me motivar e me mostrar a importância do estudo. Pela elaboração de todas as etapas deste trabalho e dedicação. Pela curiosidade estimulada e confiança no desenvolvimento, pelas

sugestões e caminhos para este trabalho. Com sua presença, desde a graduação, foi possível manter um estudo inovador. Esses cinco anos de convívio serão representativos para todos os anos que vierem pela frente e sua satisfação demonstrada foram importantes para superar os desafios. Muito obrigado, ainda, pela amizade, oportunidades oferecidas não somente em uma vivência acadêmica. Grande parte da minha formação e capacidade profissional se deve ao espírito de luta que percebi em você a cada dia.

Aos colegas da UFRGS presentes nas reuniões, conversas e ocasiões como sextas-feiras no RU. Agradeço a todos os meus amigos por contribuírem diretamente ou não para este trabalho ser concluído. Os nomes são muitos, mas somente alguns estarão aqui escritos: Macedo Moreno, muito obrigado por ser um irmão na minha vida, por eu não precisar nem explicar e você já ter entendido. Realmente agradeço por toda descontração. Diego, meu irmão do coração, você é um poço de emoções tão importantes para a vida das pessoas e isso me ajuda a saber que as pessoas estão em primeiro lugar. Giovani, muito obrigado pela garra e motivação para que eu continue a fazer tudo que faço esforçadamente, além de trilhar meu desenvolvimento físico em conjunto com a mente durante esse mestrado. Macedo Loiro, muito obrigado por servir a todos os momentos e sempre disposto para o que der e vier. Ao Cid, por não deixar eu desistir dos momentos de luta e estar sempre com vontade de demonstrar o quanto vale a pena insistir. A dissertação encerrou e você me motivou para isso acontecer. Ao Gustavo Spellmeier e Douglas Nascimento por estarem presentes no momento que precisei, vocês me ajudaram em tudo. Aos demais ex-colegas da engenharia, muito obrigado pelos encontros e conversas profissionais inesquecíveis. Ao hospital São Lucas, por dar a minha vida um momento inesquecível durante o mestrado e obrigado Silvana por estar nesse momento mágico. Ao Grêmio, por compensar finais de semana de estudo com avalanches de motivação.

À minha família não conseguirei descrever a emoção que é ter vocês comigo e pelo apoio que tive durante o mestrado. Ao meu pai Paulo por ser prestativo e capaz convergir todos à sua volta. Por sua força, incentivo, confiança, atenção, ajuda financeira e apoio incondicional em tudo. Você é minha base, meu orgulho de ser engenheiro e razão de querer tudo certo. À minha mãe Mariana... Ah! Se eu pudesse explicar como ela é... Você é um milagre neste mundo, é a demonstração de que tudo é possível. Muito obrigado pelo seu amor, incentivo, apoio, por entender os momentos que passei no mestrado e na aposta profissional que fiz. Por ser minha amiga e acreditar mais que 100% em mim. Por mostrar que a vida não são somente números. Para mim, você atingiu o nível máximo de desenvolvimento humano, seu coração emana isso diariamente. Muitas pessoas são boas, mas você merece saber que atingiste algo a mais nesta vida, não tem reconhecimento que baste. Às minhas irmãs, muito obrigado por toda a ajuda durante esses anos. Vocês fazem parte deste trabalho pela confiança e suporte. Muito obrigado Lisandra, por me ajudar a tomar as decisões mais importantes de minha vida, Betina por acreditar em mim e ser sempre prestativa, Aline por me divertir nesses anos e ter um sentimento tão bom. E Eleonora, por ter sido minha irmã de convívio durante esses anos e por me fazer sentir bem ao depositar a confiança de que sou capaz de resolver tudo. Quem me dera pudesse. Obrigado aos meus sobrinhos Lucas e Matheus por brincarem comigo e me mostrarem a pureza de perto.

A Deus, por dar-me força e fazer eu ter certeza de que nunca estou sozinho, fazendo da minha vida e dos que estão em volta, tudo o que é.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Domínio de aplicação	14
1.2 Trabalhos anteriores	15
1.3 Objetivo	16
1.4 Organização dos capítulos	17
2 CONHECIMENTO VISUAL, ANOTAÇÃO DE IMAGENS E REFERENCIAMENTO DE MAPAS VIRTUAIS	18
2.1 Conhecimento visual, ontologias e anotação de imagem	18
2.1.1 Abordagens de interpretação de imagens e sistemas existentes	20
2.1.2 Modelos de representação de conhecimento e sistemas existentes	22
2.1.3 Representação através de múltiplos níveis de estruturas visuais.....	26
2.1.4 Anotação de fotografias baseadas em ontologia.....	27
2.1.5 Analogia visual em solução de problemas	27
2.1.6 Análise comparativa das técnicas e sistemas estudados.....	27
2.2 Referenciamento espacial	32
2.2.1 Modelos de representação matricial e vetorial	32
2.2.2 Escalas	33
2.2.3 Transformando medidas digitalizadas em coordenadas	34
3 O DOMÍNIO DA APLICAÇÃO: ANÁLISE PETROGRÁFICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO.	35
3.1 Exploração de reservatórios de petróleo	35
3.2 A tarefa de descrição quantitativa e qualitativa de uma amostra de rocha... 36	
3.2.1 Microscópios para Petrografia Sedimentar.....	36
3.2.2 Charriot para movimentação de uma lâmina	37
3.3 Lâmina em análise	38
3.4 Processo de preparação de uma lâmina	39

3.5	Processo de análise de descrição de amostras.....	40
3.6	Falhas no processo manual de quantificação petrográfica.....	40
4	O PROCESSO DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA.....	42
4.1	Componentes do Sistema	43
4.1.1	Platina eletrônica <i>StageLedge</i>	43
4.1.2	Mapa virtual: sistema de coordenadas espaciais para varredura de uma lâmina de rocha de acordo com a platina eletrônica	45
4.1.3	Anotação de imagens e documentação.....	47
4.2	Processo de quantificação com o <i>PetroGrapher</i>	48
4.2.1	Posicionamento da lâmina sobre o microscópio	49
4.2.2	Digitalização de lâmina com ponto de referência.	50
4.2.3	Quantificação e formação do mapa virtual.....	52
4.2.4	Descrição resumida do processo de descrição com o suporte do sistema.....	55
4.2.5	Representação do conhecimento presente em uma lâmina de rocha.....	58
5	NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO VISUAL E MAPEAMENTO PARA COORDENADAS ESPACIAIS.....	60
5.1	Níveis de representação.....	60
5.1.1	Objetos físicos	61
5.1.2	Objetos de anotação.....	63
5.1.3	Ontologia de domínio	65
5.2	Interligando os três níveis	65
5.3	Visão geral de comunicação entre os módulos.....	66
5.4	Implementação do módulo de anotação de imagem.....	66
5.5	Implementação do módulo de controle da <i>StageLedge</i>	67
5.6	Apresentação dos resultados	68
6	GERAÇÃO DO MAPA VIRTUAL PARA UMA LÂMINA - ESTUDO DE CASO DE UMA DESCRIÇÃO DE AMOSTRA DE ROCHA	73
6.1	Geração do mapa virtual para uma lâmina de rocha	73
6.2	Reanálise da descrição de uma lâmina de rocha	76
6.3	Conclusões do estudo de caso	79
7	CONCLUSÕES	81
7.1	Sugestões para trabalhos futuros	83
	REFERÊNCIAS.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIG	Sistemas de Informações Geográficas
Pixel	Picture element
mm	Milímetro
cm	Centímetro
GIF	Graphics Interchange Format
JPEG	Joint Photographic Experts Group
TIFF	Tagged Image File Format
Dpi	Dots per inch

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Fotografia de uma amostra de rocha com feições identificadas a partir de um domínio definido de valores.....	15
Figura 2.1: Modelo para possibilitar o especialista a produzir uma categorização de objetos de acordo com seus interesses.....	22
Figura 2.2: Modelo de utilização de imagens como entrada para caracterizar objetos como saída do sistema.....	22
Figura 2.3: Dez níveis de estruturas visuais presentes em imagens.....	26
Figura 2.4: Modelo matricial quadrático.....	33
Figura 3.1: Microfotografia com o cruzamento das linhas do microscópio em que se visualiza franjas de mineral de argila ilítica em arenito.....	36
Figura 3.2: Microscópio com base rotacional.....	37
Figura 3.3: <i>Charriot</i> manual utilizado para movimentação da lâmina em microscópios petrográficos.....	38
Figura 3.4: Lâmina com amostra de rocha.....	39
Figura 3.5: Etapas necessárias para a preparação de uma lâmina delgada a partir de uma amostra de rocha.....	39
Figura 4.1: Etapas do processo de descrição de uma amostra de rocha.....	43
Figura 4.2: Platina eletrônica composta pela parte mecânica e um controlador.....	44
Figura 4.3: Interface visual do controlador da platina eletrônica.....	45
Figura 4.4: Representação de uma malha de varredura da platina eletrônica.....	46
Figura 4.5: Anotação de imagem utilizando a ontologia petrográfica a partir da diferenciação por classes e tipos de constituintes.....	47
Figura 4.6: Fotografia com <i>hyperlinks</i> adicionados.....	48
Figura 4.7: Únicas posições válidas para o posicionamento de uma lâmina no microscópio: (a) na vertical, com texto na posição superior e lido da esquerda para direita; (b) na horizontal, com texto à esquerda e lido de baixo para cima.....	49
Figura 4.8: Lâmina de amostra de rocha na platina eletrônica sobre o microscópio.....	50
Figura 4.9: Processo de digitalização a partir de uma imagem geral de uma amostra de rocha sobre uma lâmina com a captura de imagens em pontos específicos.....	51
Figura 4.10: Área da lâmina considerada para a máscara após digitalização.....	52
Figura 4.11: Lâmina de amostra de rocha com um trajeto parcial e diversos pontos que representam constituintes.....	53
Figura 4.12: Amostra de rocha com a marcação de um ponto que está ampliado à direita.....	54
Figura 4.13: Interface de inicialização da platina.....	55
Figura 4.14: Ontologia petrográfica disponibilizada para uso na descrição de sua composição.....	56

Figura 4.15: Mapa com a localização dos pontos e a fotografia capturada em um dos pontos quando selecionado.	58
Figura 5.1: Níveis de representação utilizados no processo do mapa virtual da lâmina.	61
Figura 5.2: Objetos físicos relacionados com o mapa virtual.	62
Figura 5.3: Modelo do nível dos objetos físicos.	62
Figura 5.4: Diagrama de classes do nível dos objetos de anotação.	64
Figura 5.5: Fotografia com anotações e <i>hyperlinks</i>	64
Figura 5.6: Modelo de comunicação entre os módulos utilizados para geração do mapa virtual.	66
Figura 6.1: Interface com a adição de uma fotografia de um ponto.	74
Figura 6.2: Fotografia de um ponto com detalhamento de anotações.	75
Figura 6.3: Descrição composicional do estudo de caso.	75
Figura 6.4: Trajeto do mapa virtual gerado sem a marcação dos pontos quantificados.	76
Figura 6.5: Apresentação da posição da lâmina e tamanho de passo ao iniciar a <i>StageLedge</i>	76
Figura 6.6: Composição tendo um constituinte escolhido para ser apresentado no mapa virtual.	77
Figura 6.7: Constituintes da amostra de rocha localizados no mapa virtual.	78
Figura 6.8: Mapa virtual com a localização de determinados constituintes e ao lado a fotografia de um dos constituintes visualizados.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Comparação entre métodos de interpretação de imagens.....	30
Tabela 2.2: Comparação entre representações atuais de conhecimento.....	31
Tabela 5.1: Comparação utilizando as novas ferramentas no sistema em relação ao método de descrição tradicional.....	71

RESUMO

Nos domínios visuais, interpretações são iniciadas pela identificação de feições em imagens que irão, posteriormente, dar suporte aos processos mais abstratos de inferência. Para desenvolver sistemas de conhecimento neste tipo de domínio é necessário buscar a melhor representação do conhecimento visual para ser utilizado pelos métodos de inferência. A representação em formato simbólico deste conhecimento auxilia na captura do conhecimento implícito presente em imagens, permitindo seu uso nos processos de raciocínio, mesmo aceitando que parte desse conhecimento não é externalizado e, em consequência, não poderá ser representado adequadamente. Estudos recentes têm utilizado anotação de imagens como uma maneira capaz de auxiliar na explicitação do conhecimento, ampliando a expressividade dos formalismos de representação e permitindo o registro das informações associadas às imagens. Embora anotações de imagens flexibilizem a captura do conhecimento, ontologias são associadas às anotações para garantir a formalização do conhecimento nas imagens, suprindo os termos de domínio que podem ser usados para anotar e auxiliar a uniformização da linguagem nas consultas.

O objetivo desse trabalho é capturar e documentar o conhecimento visual que dá suporte à inferência nas tarefas de interpretações. Nesse trabalho é elaborada uma maneira de identificar objetos em imagens que contenham feições diagnósticas através da utilização de uma ontologia de domínio pré-existente. Essa identificação de objetos é explorada para permitir a localização física de uma determinada feição em um objeto real. O resultado disso é a identificação de feições em uma imagem tendo-se um referencial de posição segundo um sistema de coordenadas espacial, possibilitando o seu re-posicionamento. O trabalho ainda explora recursos para a melhor utilização de informações relacionadas a uma imagem. Dessa forma, serve de documentação auxiliar para prover diferencial em interpretações.

O domínio de aplicação deste trabalho é a *Petrografia Sedimentar* que tem como uma das tarefas a descrição quantitativa e qualitativa dos minerais que compõem uma amostra de rocha, visando a análise do potencial de um reservatório de petróleo. As informações são visualizadas em uma amostra de rocha e, assim, um especialista toma decisões quanto à viabilidade de exploração do reservatório. Esse modelo foi validado através da implementação de um módulo de anotação de imagem e de referenciamento de objetos, juntamente com um hardware. O processo de descrição de amostra de rocha é detalhado para se explorar o conhecimento em imagens com a precisão da localização dos objetos nela identificados. Essa abordagem complementa os modelos de representação simbólica, que normalmente são insuficientes para capturar a semântica das feições que dão suporte a inferência em domínios visuais.

Palavras-Chave: conhecimento visual, anotação de imagens, ontologias, sistemas de coordenadas.

The diagnostic visual feature mapping and documentation in a knowledge-base system for interpretation in the Petrographic domain

ABSTRACT

Problem solvers in visual domains apply image interpretation to extract evidences to support the reasoning process in the search of solution. In order to develop knowledge systems in this kind of domain, it is necessary to represent the knowledge that is extracted from the scenes in the domain in such way that can be used by the inference methods. The symbolic representation formalisms help in shading light on the implicit knowledge embodied in images, allowing its use in reasoning processes, even accepting that part of this knowledge can not be properly expressed by the experts and, in consequence, it is never going to be adequately represented in knowledge models. Some studies use image annotation to extend the semantic capture of the visual knowledge beyond the expressiveness of representation formalisms, allowing that additional content could be described and stored with the images. Although the annotation is a more flexible way of capturing knowledge, ontologies are used along with it to guarantee the formalization of the knowledge annotated in the images, supplying the domain terms that can be used in the annotation process and helping the uniformization of the language and further consultation.

The goal of this work is capturing and documenting the visual knowledge that supports inference on interpretation tasks. The work offer a way of identifying objects in images that correspond to diagnostic features and describing them with the support of a pre-existent domain ontology. The object identification is associated to the physical location of the feature in the real object, with the help of a hardware appliance. The result is the feature identification in the image with the reference of its position in a system of spatial coordinates. The work also explores multimedia resources for the best use of information associated to the image, providing an extra-support for knowledge documentation for interpretation tasks.

The application domain of this work is the sedimentary petrography, the formal description of rocks in the scope of Petrological studies. The task in focus is the compositional description of minerals in a rock sample, both in qualitative and quantitative way, in order to evaluate the potential of a petroleum reservoir. Several aspects of the rock are studied by the geologist to suggest better techniques for exploration and production of oil fields. The approach defined in this project was validated through the implementation of an image annotation and referencing modules associated to microscope stage appliance that allows the computer to control the movement of the stage during the description process. The whole process of rock sample analysis using the software and the hardware is detailed in order to expose the visual knowledge and its physical position in the rock sample. This approach complements the symbolic representation models that are usually insufficient to capture the semantic of diagnostic features that support reasoning in visual domains.

Keywords: visual knowledge, image annotation, ontology, coordinate system.

1 INTRODUÇÃO

Domínios visuais apresentam desafios para a estruturação e representação do conhecimento que dá suporte ao raciocínio de solução de problemas. Nos domínios visuais, o raciocínio é dito *imagístico* (YIP e ZHAO, 1996) e se caracteriza pelo fato da inferência ser disparada pelo reconhecimento de objetos significativos do domínio através de casamento de padrão, os quais darão suporte a um processo de raciocínio simbólico tipicamente desenvolvido por busca. Este trabalho apresenta uma solução de documentação e estruturação de conhecimento para domínios visuais para um processo de descrição de informações baseado na análise de imagens. A representação de objetos utiliza-se de ontologias de domínio (GÓMEZ-PÉREZ, FERNÁNDEZ-LÓPEZ e CORCHO, 2004), porém o estado da arte da representação simbólica do conhecimento visual ainda é insuficiente para capturar todo o significado e importância dos objetos visuais que dão suporte ao raciocínio. A associação de objetos identificados em imagens com sua representação simbólica em ontologias permite ampliar a captura do significado desses objetos quando utilizados para solução de problemas e oferecer tratamento computacional aos domínios visuais.

O conhecimento se tornou um diferencial competitivo nas corporações, responsável por uma mudança na percepção do valor agregado de produtos e serviços. Quanto mais uma empresa detém o conhecimento, melhor será a exploração do capital intelectual nele contido, caracterizando o valor, recurso que cada vez mais é procurado por empresas nas mais variadas áreas. Esse trabalho busca a melhor representação e captura de conhecimento presente em imagens. A captura, distribuição e compartilhamento de conhecimento são estudados em estratégias de gestão de conhecimento (TERRA, 2001) e têm como motivação as mudanças de comportamento econômico devido ao diferencial que o conhecimento tem possibilitado.

A motivação desse trabalho vem da quantidade de tarefas que exploram imagens em busca de diagnósticos, interpretações ou pareceres. Em tarefas estratégicas, é necessário que o objeto real utilizado para interpretação ou diagnóstico seja preservado de modo a permitir uma posterior verificação ou aperfeiçoamento do processo decisório. Porém, a preservação destes objetos nem sempre é possível, por problemas de degeneração, como no caso de exames laboratoriais ou fitopatológicos, ou pelas próprias dificuldades de armazenamento de amostras ao longo de anos ou décadas, como é o caso dos testemunhos de poços de exploração de petróleo, que são os objetos deste trabalho. Nestes casos, as evidências que dão suporte a importantes processos decisórios são muitas vezes perdidas, sendo necessário o desenvolvimento de soluções que permitam uma documentação completa do conhecimento visual contido nas amostras analisadas, gerando representações virtuais dos objetos reais mais fiéis possíveis para permitir a verificação posterior da decisão tomada.

A tarefa de captura e representação de conhecimento visual é difícil de ser realizada porque o conhecimento não é explícito e é difícil de ser verbalizado. O processo de interpretação baseado em imagens é fortemente suportado por conhecimento implícito e realizado de forma automática pelo tomador de decisão. A análise de uma imagem muitas vezes não permite a formalização de representação e diferentes analistas podem descrevê-la diferentemente.

A solução proposta neste trabalho define um processo para a análise de imagens. O processo propõe a utilização de ferramentas de software e hardware que foram aqui desenvolvidas para realizar a interligação de objetos físicos identificados a partir de imagens com sua correspondente representação em uma ontologia. O objetivo é proporcionar uma melhor qualidade de documentação de informações diagnósticas que dirigem o raciocínio de solução de problemas, tanto nos processos de raciocínio humanos como nos automatizados através de sistemas especialistas. Para ampliar a semântica da informação descrita, as imagens são armazenadas juntamente com indicações de feições visuais. Através das soluções apresentadas se tem um processo completo para descrição das imagens com suporte a gestão de conhecimento ao permitir a captura, compartilhamento, distribuição e reuso de informação estratégica.

Muitas imagens possuem a informação útil não apenas no objeto presente, mas sim nos relacionamentos entre os objetos. Tais relacionamentos não são fáceis de serem percebidos e representados. A dificuldade de automatização nesse processo é porque o conhecimento não é explícito e depende de uma análise antes de se tornar uma informação representável. Por essa razão, esse trabalho não utiliza processamento automatizado de identificação de objetos em imagens. Ao invés, ele possibilita a identificação dos objetos manualmente em um editor de imagens e mapeia o que é identificado para termos da ontologia disponibilizada, preservando a associação com a imagem.

1.1 Domínio de aplicação

O domínio da aplicação onde serão avaliadas as abordagens propostas neste trabalho é a Petrografia Sedimentar, sendo que os resultados obtidos podem ser reaproveitados em áreas que buscam a extração e representação de conhecimento a partir de imagens. A Petrografia Sedimentar é uma sub-área de pesquisa da Geologia que estuda, particularmente, rochas-reservatório de petróleo através da descrição sistemática de amostras dessas rochas, extraídas de poços, tarefa fundamental para a qualificação de reservatórios de petróleo e a avaliação de seu potencial produtor (ABEL, 2001). Uma das etapas de descrição de uma rocha é a análise qualitativa e quantitativa dos constituintes e poros que a compõem tendo como resultado uma descrição minuciosa das feições observadas. Durante esse processo, um petrógrafo analisa em um microscópio petrográfico uma lâmina delgada de rocha, captura fotografias para análise e, dessa forma, faz um levantamento das informações visualizadas.

O conhecimento considerado nesse trabalho vem dessa descrição e análise de uma lâmina física delgada de rocha. Nas técnicas tradicionais de descrição é impossível se obter qualquer informação ou conclusão sem a presença da lâmina física, além de não tratar a referência de localização das informações obtidas. Neste trabalho, caso seja necessário encontrar um ponto determinado sobre a lâmina, há como garantir um reposicionamento preciso.

Na Figura 1.1 é apresentado o exemplo de uma imagem de amostra de rocha com as feições analisadas e o relacionamento entre elas, os quais definem os fatores de interpretação.

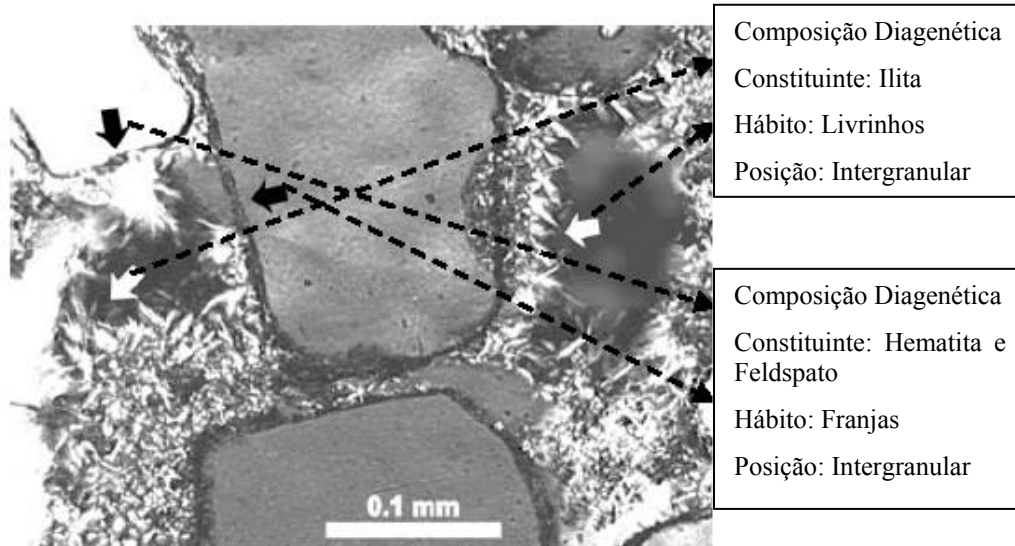


Figura 1.1: Fotografia de uma amostra de rocha com feições identificadas a partir de um domínio definido de valores (SILVA et al., 2004).

1.2 Trabalhos anteriores

Este trabalho dá continuidade ao Projeto PetroGrapher que busca o desenvolvimento de uma aplicação de bancos de dados inteligentes (PARSAYE et al., 1989) destinada à descrição e interpretação de amostras de rochas sedimentares como suporte para a avaliação de reservatórios de petróleo. Essa aplicação é produto dos trabalhos de pesquisa em Engenharia de Conhecimento de Abel e colaboradores (2001; 2002-a), de Silva (2001), e Mastella e colaboradores (2005).

O sistema é composto por interfaces visuais que oferecem para o usuário o vocabulário técnico geológico necessário para suportar a descrição correta e completa de amostras de rochas sedimentares. Quando uma descrição é terminada, os dados da amostra são armazenados em um banco de dados relacional e posteriormente o usuário poderá realizar consultas e interpretações sobre amostras cadastradas. O sistema foi desenvolvido a partir de uma ontologia do domínio da Petrografia Sedimentar (ABEL, 2001), modelada a partir do conhecimento eliciado de um petrógrafo especialista.

O sistema contempla as necessidades de gestão de conhecimento ao garantir a captura, formalização, armazenamento e disseminação de informações sobre rochas-reservatório que fazem parte do conhecimento de uma corporação. Os objetivos da utilização do sistema são: orientar e sistematizar a descrição de amostras de rochas, sugerindo um fluxo de trabalho de descrição; descrever a composição de rochas detalhadamente; padronizar a terminologia petrográfica; realizar interpretações e cálculos de acordo com a informação provida baseados no conhecimento especialista modelado no sistema e aplicado por métodos de inferência de inteligência artificial.

Esse trabalho aperfeiçoa o sistema *PetroGrapher* ao incorporar uma ferramenta de anotação de imagem e de referenciamento espacial de objetos identificados em imagens de rochas sedimentares obtidas ao microscópio. A ontologia pré-existente utilizada durante a etapa de anotação de imagem, possibilita a identificação de objetos com vocabulário específico. O módulo de anotação de imagem disponibilizado pelo sistema começou a ser desenvolvido anteriormente a esse trabalho, passando por adaptações e melhorias e a adição de documentação através do uso de *hyperlinks*. Os objetos identificados também têm sua localização preservada como uma informação importante para reuso do que foi anotado, sendo tratado o referenciamento do ponto de análise em relação ao objeto físico. Esse referenciamento de pontos forma um mapa virtual de um objeto que está sendo analisado através de imagens e com identificação de feições utilizadas para se obter conclusões.

A captura de imagens e a anotação de feições com posicionamento espacial preciso associado a um mapa virtual exigiu o desenvolvimento de um dispositivo eletromecânico - *StageLedge* - que permite a movimentação de uma lâmina de rocha sob a objetiva de um microscópio óptico. Esse dispositivo teve sua primeira versão desenvolvida pelo autor em Victoreti (2004) e foi aperfeiçoado neste trabalho com a integração de um módulo controlador unificado e um módulo de anotação de imagens.

1.3 Objetivo

Este trabalho tem como objetivo a captura e documentação do conhecimento visual que dá suporte à inferência em tarefas de interpretação. O estudo de caso propõe a identificação e descrição de feições petrográficas que permitem a interpretação dos processos geológicos que afetam a qualidade de reservatórios de petróleo. Essas feições devem ser descritas de acordo com uma ontologia de domínio que captura o conhecimento em Petrografia Sedimentar. Deve também ser preservada a localização espacial na lâmina de rocha analisada e do reservatório onde se insere, para dar suporte a futuras análises de correlação geológica.

Para atingir esse objetivo, foi proposto um processo para a descrição sistemática e armazenamento das feições petrográficas, relacionando-as com uma ontologia específica desse domínio e com a localização física de cada feição, utilizando para isso um software e um hardware específicos. Nesse contexto deseja-se formalizar um método para prover um suporte compreensivo para a interpretação de parâmetros petrográficos que controlam a qualidade do reservatório de petróleo. Nos métodos tradicionais não existe uma uniformização nas descrições e existe muita diferenciação. Este trabalho serve para padronizar os termos das descrições e agregar informações durante a tarefa de descrição de rocha. A interpretação de feições descritas no exame petrográfico das rochas reservatório dependem da análise de suas imagens, assim como de microscópios petrográficos. Para capturar o conhecimento dessas imagens e prover uma base de dados para auxiliar em consultas e interpretações, um sistema deve ser capaz de realizar a interligação entre aspectos visuais, de referenciamento espacial e de ontologia.

Possibilitar a indicação de objetos em relação ao seu posicionamento real em um mapa virtual significa viabilizar uma maneira de que o conhecimento seja facilmente distribuído. Nesse contexto, está o relacionamento de diferentes níveis de representação de conhecimento. Desde o objeto identificado fisicamente até sua representação através

de um objeto na ontologia, sempre mantendo um referencial de posição em relação ao objeto real. A substituição do objeto físico não ocorre totalmente, porém uma análise parcial ou comparativa pode ser realizada a partir dessa lâmina virtual que contém anotação e localização dos objetos identificados. É disponibilizada uma maneira de agregar conhecimento em uma descrição de um objeto físico e facilitar a distribuição dessa informação. O resultado de implementação deste trabalho é uma ferramenta de anotação de imagens que interliga termos de uma ontologia com a localização física de cada objeto identificado numa lâmina de amostra de rocha.

1.4 Organização dos capítulos

O capítulo 2 apresenta a revisão dos temas estudados que possibilitaram o desenvolvimento desse trabalho. Conhecimento visual será tratado neste texto como a representação do conhecimento que é extraído a partir de dados visuais, como desenhos, imagens ou cenas reais, em relação às formas de representação que visam minimizar a perda semântica. Anotação de imagem é utilizada como um instrumento de facilidade para que o conhecimento não seja perdido e para que juntamente com uma ontologia possa ser documentada corretamente. No capítulo 2, o referenciamento é apresentado com o intuito de viabilizar uma maneira de se ter um guia completo de objetos identificados e analisados em imagens.

O capítulo 3 apresenta a descrição do problema no domínio da Petrografia Sedimentar. A importância de se tentar solucionar esse problema representa vantagens para a área utilizada nesta aplicação, porém estes benefícios podem ser facilmente transferidos a outras áreas que necessitam do tratamento de conhecimento a partir de imagens com identificação de objetos, como por exemplo, radiologia, cirurgias virtuais, interpretação de imagens de satélites. O capítulo apresenta o atual processo de descrição de amostras de rochas sem a utilização de um sistema especialista e sem equipamentos adicionais e com isso, são abordados os problemas que isso gera na utilização dessas informações coletadas.

A solução para o problema apresentado está no capítulo 4. O novo processo para descrição sistemática é detalhado. É descrito o processo que tenta agregar o máximo possível de informação de maneira organizada e de fácil utilização. É apresentado através do sistema *PetroGrapher* e da utilização da *StageLedge* que viabiliza o reuso de informações quanto à localização de objetos identificados em imagens.

No capítulo 5 são apresentados os aspectos de implementação através de níveis de representação e é demonstrada a validação do processo através da sua utilização e das vantagens trazidas pela agregação de conhecimento.

No capítulo 6 é apresentado um estudo de caso com uma descrição completa de amostra de rocha. No capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho.

2 CONHECIMENTO VISUAL, ANOTAÇÃO DE IMAGENS E REFERENCIAMENTO DE MAPAS VIRTUAIS

Esse trabalho propõe a integração de diferentes abordagens e técnicas de tratamento de informação para desenvolver uma aplicação que permita capturar maior conteúdo semântico em domínios visuais. A solução proposta utiliza como subsídio as abordagens de conhecimento visual, anotação de imagem e referenciamento espacial que são apresentadas a seguir.

2.1 Conhecimento visual, ontologias e anotação de imagem

Conhecimento visual consiste em uma consciência visual de algumas estruturas particulares de imagens sendo um tipo de conhecimento muito específico que agrega valor de relacionamentos não explícitos. A capacidade de interpretar imagens está ligada ao conhecimento de quem analisa, portanto, não basta simplesmente analisar e ter informações sobre o que está sendo visualizado. Um analista realmente tem a capacidade de interpretar uma imagem quando tem conhecimento sobre o que visualiza, ou seja, percebe como são as conexões entre as informações contidas na imagem com o que já visualizou ao longo de sua experiência.

Estudos da medicina (HU et al., 2003), biologia (HUDELOT, 2005), bioquímica (SOFU e MARAGOS, 2005) e Petrologia (ABEL, 2001) têm, para certos casos, a análise e o diagnóstico feitos através de uma avaliação de um especialista que se baseia apenas em imagens para relatar interpretações. Tal avaliação ocorre através de comparações com outros casos conhecidos pelo analista e demais casos já relatados, isso acaba ajudando a compreender mais facilmente os conceitos abstratos. Conhecimento visual também é utilizado para a vigilância em áreas de segurança através das análises de imagens que possam representar uma interpretação de ação sobre ela (GEORIS et al., 2004). O estudo de conhecimento visual compreende modelos cognitivos de conhecimento extraído de imagens. A partir desses modelos o conhecimento serve de base para as interpretações de análises. Nesse tipo de conhecimento não está se tratando apenas as características explícitas que podem ser visualizadas facilmente. Esses modelos tratam do conhecimento implícito e que muitas vezes não é percebido pela maioria dos observadores. Especialistas têm a capacidade de perceber essas características implícitas muito mais facilmente que novatos e se torna o fator fundamental para interpretações corretas e em curto prazo de tempo. Os sistemas de interpretação de imagens atualmente buscam utilizar padrões a serem identificados em imagens para comparar com a imagem que se deseja analisar.

Este texto considera os métodos explorados em sistemas de interpretação de imagens e os aspectos de representação do conhecimento que é extraído a partir de dados visuais,

como desenhos, imagens ou cenas reais. O conhecimento visual pode ser visto como um entendimento intuitivo de variações e dependências de acordo com representações visuais da informação. Conhecimento visual muitas vezes é chamado de percepção visual, visão cognitiva a partir de imagens, conhecimento extraído de imagens ou ainda tratado como visualização de conhecimento.

Quando se trata de conhecimento visual é difícil caracterizar métodos para percepção e transmissão da experiência do analista. Existe uma área a ser explorada que é a padronização desse processo e o que pode ser obtido a partir das análises das imagens de uma maneira sistemática. Além de se conseguir extrair conhecimento é preciso representá-lo de uma maneira consistente e que torne possível a recuperação e a apresentação do raciocínio ao usuário. O conhecimento implícito, também chamado de conhecimento tácito (NONAKA e TAKEUCHI, 1995), está nos objetos presentes nas imagens ou nos relacionamentos entre eles, porém não são facilmente detectados. O conhecimento explícito está relacionado ao reconhecimento de objetos e como estes são organizados.

Algumas técnicas de conhecimento visual utilizam ontologias para capturar mais semântica na representação. O conceito foi apropriado da Linguística para a Inteligência Artificial. Segundo a definição mais utilizada, *ontologia é a especificação formal e explícita de um conjunto de conceitos compartilhados*. Explícita por ter conceitos e restrições previamente definidos; formal por ser processável por computador; compartilhados porque estes conceitos descrevem um conhecimento consensual, ou seja, que é aceito por um grupo (STUDER, BENJAMINS e FENSEL, 1998). Uma ontologia pode ser definida para organizar e compreender os objetos do mundo, como as ontologias de alto nível; para definir mapeamentos conceituais entre diferentes linguagens, como as ontologias linguísticas; para definir primitivas para modelagem de conhecimento, como as ontologias de representação, ou para representar conhecimento em um domínio, como as ontologias de domínio (GÓMEZ-PÉREZ, FERNÁNDEZ-LÓPEZ e CORCHO, 2004). Para a Engenharia de Conhecimento, as abordagens baseadas em ontologias permitem a definição de modelos de representação de conhecimento que aliam o formalismo necessário para o processamento por computador, com uma maior expressividade semântica desejável para a captura de conhecimento.

O conhecimento visual é fundamentalmente um conhecimento implícito. A conversão dinâmica deste conhecimento tácito para explícito, na mente humana, permite capturar o que é essencial de uma situação em uma escala reduzida. A passagem coletiva de conhecimento implícito para explícito é uma parte essencial para a aquisição do conhecimento para representá-lo em uma ontologia de domínio, porém conhecimento visual é especialmente difícil de ser capturado e traduzido para representações simbólicas (ABEL, 2001). Este trabalho combina a utilização de uma ontologia de domínio em Petrografia, que agrupa centenas de conceitos formais que traduzem parâmetros visuais de análise de rochas reservatório, com a utilização de modelos de representação menos formais como aqueles utilizados em anotação de imagens, que permitem capturar as informações visuais de maneira mais livre para o usuário. A formalização do processo de análise e a combinação dessas abordagens definem um modelo que representa o caminho do raciocínio realizado pelo especialista, onde as informações que dão suporte à interpretação são identificadas e armazenadas, associadas às suas instâncias reais, tornando possível que as etapas do raciocínio sejam demonstradas e reutilizadas quando desejado.

2.1.1 Abordagens de interpretação de imagens e sistemas existentes

Existem alguns sistemas que tratam de interpretações de imagens através do reconhecimento de objetos. A associação de reconhecimento de objetos genéricos é a principal preocupação desses trabalhos. Existem abordagens quanto a métodos geométricos, métodos baseados em conhecimento, métodos baseados em aparência, métodos baseados em decisão teórica e métodos baseados em caso. A seguir são apresentados alguns sistemas a partir de trabalhos existentes.

2.1.1.1 Métodos geométricos

A abordagem mais comum para o reconhecimento de objetos é baseada na geometria, ou seja, técnicas para distinção das diferenças e categorização dos objetos. A maioria das abordagens geométricas está focada na identificação de objetos e não tanto no problema de reconhecimento de objetos.

Uma abordagem é apresentada em Brooks (1983), através do sistema Acronym. Este sistema constrói um grafo de predição representando possíveis instâncias de objetos e um grafo de observação, representando os dados da imagem. A partir disso são feitas tentativas de combinações entre esses grafos para concluir as semelhanças.

Uma abordagem quanto ao problema de alinhamento geométrico é proposta por Ullman e Basri (1991). No trabalho, todas as possibilidades de transformações aplicadas para um objeto são expressas como uma combinação linear de outras visualizações de um mesmo objeto.

O sistema apresentado por Ayache e Faugeras (1986) foi desenvolvido para o reconhecimento de objetos que se encontram em uma superfície plana. O processo de reconhecimento é estruturado como uma busca por um consistente conjunto de modelos e feições de imagens. A forma de objetos 2D é representada com aproximações poligonais de suas bordas.

Em Grimson e Huttenlocher (1990) a abordagem consiste na construção de uma descrição de uma curva paramétrica baseada nas simples situações detectadas durante a fase de aprendizado.

Em Basri (1996) é proposto um método que combina técnicas de alinhamento e conhecimento através de protótipos. Objetos são divididos em classes onde uma classe contém objetos que compartilham um número exato de feições similares. A categorização é obtida através do alinhamento da imagem para objetos prototipados.

No trabalho de Belongie, Malik e Puzicha (2001) é abordada a similaridade entre duas formas e explorado o reconhecimento de objetos presentes. Inicialmente são procuradas correspondências entre os formatos, posteriormente utilizando as correspondências para estimar uma transformação de alinhamento.

Em Sangineto (2003) uma abordagem de classificação de objetos baseadas na abstração geométrica é proposta. A classe de objetos é descrita significando um modelo que especifica as invariâncias comuns do formato para todos os membros da classe. Um modelo é uma lista de valores fixando os intervalos em que cada feição local pode variar.

2.1.1.2 Métodos baseados no conhecimento

Um ponto forte desses sistemas é a separação de conhecimento e raciocínio. Também possibilitam a separação de diferentes tipos de conhecimento, como por exemplo: conhecimento do domínio, conhecimento sobre processamento de imagens, conhecimento sobre mapeamento. Nesses sistemas, o processo de interpretação é explícito, facilitando a interação do usuário.

O sistema Visions (HANSON e RISEMAN, 1978), estendido em Schema (DRAPER, HANSON e RISEMAN, 1996) tem o objetivo de construir uma representação simbólica do mundo em três dimensões descritas em uma imagem. O trabalho segue a representação em três níveis de acordo com Marr (1982), onde o baixo nível é dedicado à extração de primitivas da imagem, o nível intermediário provê ferramentas para organizar estruturas que podem ser associadas com instâncias de objetos e o alto nível contém uma rede semântica de *schemas* e como os objetos podem ser reconhecidos. *Schemas* são organizados entre eles através de redes relacionais, cada *schema* representa um objeto em uma cena particular. A interpretação ocorre através da detecção de objetos presentes na cena através da ativação de diferentes *schemas*.

Em Matsuyama e Hwang (1990) é apresentado o sistema SIGMA estruturado em quatro níveis. No primeiro nível, o raciocínio do sistema constrói a descrição de cenas estabelecendo relações espaciais entre objetos. Existe o segundo nível dedicado ao mapeamento entre o conhecimento de alto nível e o dado de baixo nível da imagem. O terceiro nível é dedicado às tarefas de baixo nível da imagem: segmentação e extração de feição. O quarto módulo é utilizado para recuperar informação durante o processo de interpretação. O principal conceito do conhecimento é uma classe objeto que representa a abstração de um objeto da aplicação de determinado domínio. Inicialmente aplica segmentação de imagem para representar tipos de estruturas e depois processa técnicas de representação através de regras, esse ciclo é utilizado para interpretações.

No sistema MESSIE-II (SANDAKLY e GIRAUDON, 1995), a representação de objetos semânticos é genérica. Um objeto semântico é modelado a partir de quatro pontos de vista: geométrico, espacial, radiométrico e quanto à funcionalidade. Cada objeto semântico é associado com um objeto especialista no nível do objeto semântico. Cada objeto especialista tem sua própria estratégia de detecção. O trabalho propõe uma interpretação genérica a partir do passo de detecção onde hipóteses de objetos semânticos são feitos pelo objeto especialista e o segundo passo é de validação inicialmente de objetos grandes e depois de pequenos objetos.

No sistema AIDA (LIEDTKE et al., 1997) é representada uma rede de diferentes níveis de abstração. A representação do conhecimento semântico, estrutural, topológico e temporal sobre objetos possíveis em uma cena é feita através de redes semânticas. O objetivo principal é gerar uma descrição simbólica de uma cena observada em uma única imagem ou uma seqüência de imagens.

2.1.1.3 Métodos baseados na aparência

Tais abordagens baseiam-se no uso de múltiplas visualizações onde objetos são modelados por um conjunto de imagens. O princípio desses métodos é no reconhecimento de objetos diretamente a partir de imagens sem ter um conhecimento prévio, todas as informações utilizadas para representar os objetos são originadas apenas das imagens.

Em Swain e Ballard (1991) um objeto é representado através de um histograma colorido. Objetos são identificados através da comunicação de um histograma de cores de uma região da imagem com o histograma de cores do objeto da amostra. A combinação é feita através da intersecção dos histogramas. O método é robusto para mudanças na orientação, escala, oclusão parcial e mudanças de posições de vistas.

Em Schiele e Crowley (2000) é proposta uma generalização da primeira abordagem através da introdução de repetitivos campos de histogramas multidimensionais para aproximar a probabilidade de densidade de uma aparência local.

2.1.2 Modelos de representação de conhecimento e sistemas existentes

Os modelos de representação de conhecimento buscam minimizar a perda semântica e passar a considerar aspectos relevantes que nem sempre são perceptíveis sem uma longa experiência e sem considerar como os objetos identificados nas imagens se relacionam. A seguir, serão relatados alguns trabalhos desenvolvidos.

2.1.2.1 Sistema CogVis

Maillot e colaboradores (2004; 2005) apresentam uma das abordagens para captura da semântica de imagens para interpretações que possibilita um especialista de um determinado domínio de aplicação poder tratar dos problemas de categorização de objetos sem requerer conhecimento de processamento de imagens. O sistema resultante do estudo se chama CogVis e trata conhecimento, entendimento, raciocínio e aprendizado, além de questões de reusabilidade e de conveniência. O objetivo é utilizar o melhor de cada abordagem existente para a captura de conhecimento a partir de imagens, em particular preocupando-se com o enriquecimento de semântica possibilitado pelas técnicas baseadas em conhecimento e a eficiência das técnicas baseadas na aparência. A categorização dos objetos no sistema é totalmente automatizada para que permita o especialista ter objetos categorizados de acordo com o seu interesse, conforme as Figuras 2.1 e 2.2.

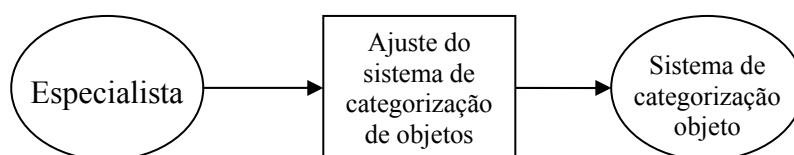


Figura 2.1: Modelo para possibilitar o especialista a produzir uma categorização de objetos de acordo com seus interesses (MAILLOT, 2005).

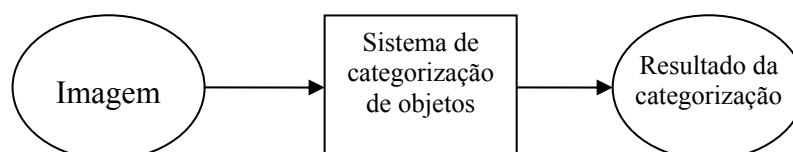


Figura 2.2: Modelo de utilização de imagens como entrada para caracterizar objetos como saída do sistema (MAILLOT, 2005).

A proposta se preocupa quanto à reusabilidade em diferentes domínios e quanto à visão computacional especialista, além de se a técnica pode ser estendida para novas categorias de objetos. Também se preocupa quanto à conveniência, ou seja, interação fácil com o usuário, principalmente sem que o usuário tenha necessidade de noções de processamento de imagens.

O processo de extração de conhecimento a partir de imagens é composto por três fases de representação no trabalho. Inicialmente, a aquisição de conhecimento de alto nível utilizado para a interpretação semântica, ou seja, adquirir descrições visuais de objetos de interesse em termos de conceitos visuais para diminuir a perda entre o alto nível de conhecimento e o baixo nível das feições. Em seguida, o aprendizado do mapeamento entre dado de imagem extraída através do processamento de imagem e conhecimento de alto nível. Ocorre através da exploração da descrição visual de objetos de interesse e um conjunto de imagens anotadas e segmentadas. Por fim, a fase de utilização dos resultados da aquisição de conhecimento para propostas de categorização dos objetos.

Os conceitos visuais possibilitam uma manipulação fácil das noções de processamento de imagem. O especialista tem apenas que prover a taxonomia/partonomia de uma classe de objeto descrito como conceito visual. A ontologia de conceito visual, o processo de aprendizado de conceito visual e o processo de categorização não são aplicados a um único domínio de interesse.

O mapeamento da imagem para conceitos de alto nível é obtido a partir da ontologia de conceitos visuais. E ontologia provê um vocabulário para a descrição visual das classes do domínio. Durante a fase de utilização dos conceitos visuais, o especialista usa um vocabulário provido por uma ontologia para descrever os objetos do domínio. O trabalho estruturou a ontologia em três partes principais. Quanto a conceitos de textura, conceitos de cores e conceitos de espaço. Os conceitos de textura consideram os agrupamentos formados pela avaliação de símbolos como contraste, granularidade, aleatoriedade, aspereza, densidade, direcionalidade, complexidade, espessura, regularidade e orientação. Os agrupamentos são obtidos através de aplicação agrupando hierarquicamente e técnicas de escala multidimensional. Cada dimensão perceptual constitui um elemento importante da percepção de textura. Os conceitos de cores tratam brilho, contraste e saturação. Existindo para cada um uma variação de conceitos, por exemplo, para brilho existe muito escuro, escuro, médio, claro, muito claro. Os conceitos espaciais tratam quatro tipos de conceitos na ontologia. Uma hierarquia de conceitos geométricos existe e é responsável pela caracterização das feições identificadas a partir de cada conceito.

Para serem interpretadas como conceitos visuais, uma conexão deve ser estabelecida entre feições numéricas computadas e conceitos visuais simbólicos. São estruturadas as feições através dos três conceitos: espacial, de cores e de textura. Cada conceito visual da ontologia é associado com uma feição de baixo nível e com o algoritmo de processamento de imagem capaz de computar estas feições. Isto gera uma semântica procedimental para a ontologia de conceito visual. Uma grande variedade de feições de baixo nível possibilita caracterizar uma imagem a partir do ponto de vista de fotometria e de geometria.

2.1.2.2 Representação através de pacotes visuais

No trabalho de Abel e colaboradores (2001; 2002-b) é explorada a identificação de recursos cognitivos que especialistas utilizam para interpretações, essencialmente reconhecimento visual e representação daquilo que visualiza e reconhece. A partir disso são utilizados modelos adaptados para melhor representar o conhecimento extraído. Os especialistas retêm ainda um grande conjunto de abstrações simbólicas de imagens, denominados como pacotes visuais (ABEL, 2001). Os pacotes visuais possuem importante papel na indexação das estruturas mentais e na condução do processo de inferência. As representações são tipicamente associadas com seus próprios métodos de solução de problemas adequados à complexidade da tarefa de caracterização de reservatórios. A aplicação desses recursos faz parte do conjunto de conhecimentos tácitos dos especialistas. O domínio explorado no trabalho são amostras de rochas que são analisadas em um microscópio. O trabalho utiliza a própria amostra física que é visualizada em um microscópio, como uma imagem que contém muito conhecimento implícito.

A abordagem explora o uso de ontologias e introduz o conceito de pacote visual como uma modelagem primitiva aplicada para eliciar e representar objetos visuais em domínios complexos. Os pacotes visuais são um tipo de conceito abstrato, definido como uma agregação de feições geométricas descritas em uma ontologia de domínio. Apresenta uma abordagem para externalizar e representar pacotes visuais utilizando casos relatados e a ontologia de domínio para assim preencher a lacuna entre o conhecimento tácito e explícito. Esse modelo utiliza uma abordagem simbólica da descrição e interpretação da imagem, contrariamente às abordagens geométricas de representações de feições. Quando a ontologia não inclui determinada descrição, o especialista define e inclui o conceito para descrever o pacote visual que pode ser visualizado na imagem.

No trabalho de representação através de pacotes visuais, são utilizados grafos de conhecimento como um modelo no nível do conhecimento. Grafo de conhecimento expressa a relação entre instâncias de conceitos de conhecimento visual e as interpretações possíveis sobre a imagem. Eles foram propostos por Leão e Rocha (1990) e foram criados como uma ferramenta para eliciação de conhecimento em problemas do domínio da cardiologia, especialmente concebidos para representar relações causais entre sintomas e doenças. Um grafo de conhecimento pode ser construído como uma árvore segundo a seguinte regra: a raiz representa a hipótese de interpretação, os nodos folhas são pedaços de evidências e os nodos intermediários servem para categorizar as evidências dos nodos folhas. Para tal funcionamento são necessárias descrições de um grande número de amostras descritas por um especialista. As interpretações possíveis devem ser coletadas a partir das descrições. No modelo, os grafos representam relações de implicação entre instâncias de um tipo particular de conceito, o pacote visual, e uma única instância de outro conceito, interpretação. Os pacotes representam às feições no nível da inferência, enquanto as feições descritas na ontologia do domínio estão no nível de externalização. Não está implícito nos grafos de conhecimento a maneira como eles serão aplicados para atingir uma determinada conclusão.

A representação do domínio é uma descrição de conceitos abstratos e relacionamentos no domínio. As instâncias são expressas pela tupla conceito-atributo-valor, chamadas de termos do domínio. De acordo com Abel e colaboradores (2002-b) o conhecimento visual é representado através de três tipos conceituais:

- **Conceito:** descreve os objetos que estão no domínio da aplicação. As características de um conceito são definidas através de um conjunto de atributos e restrições impostos aos valores dos atributos.
- **Relação:** define como conceitos são organizados para formar a hierarquia do domínio e algumas relações especiais definidas entre conceitos que ajudam na inferência.
- **Grafos de conhecimento aplicados à modelagem de conhecimento visual:** pode construir uma árvore AND/OR onde a raiz representa a interpretação e as folhas são instâncias dos pacotes visuais. No modelo, os pacotes visuais foram modelados com termos descritos no domínio como uma combinação lógica de instâncias, facilmente reconhecidas por um usuário da área e descritas através de aspectos geométricos (tamanho e textura). O trabalho tem como aplicação a descrição de imagens de rochas.

De acordo com o trabalho, o especialista conduz a análise visual escolhendo um conjunto de estímulos sensoriais como parte de uma imagem. Ele identifica nesse conjunto como os pacotes visuais que podem ser associados com um momento particular da imagem analisada. A imagem é sucessivamente comparada a cada pacote visual, até que toda imagem seja examinada e as interpretações a partir dos pacotes sejam relatadas.

O trabalho não visa detectar automaticamente as feições na imagem através de processamento de imagem, a comparação ocorre entre a descrição de uma imagem e as hipóteses de interpretações representadas a partir dos grafos de conhecimento e pacotes visuais.

2.1.2.3 Extensão da técnica utilizando pacotes visuais e grafos de conhecimento

Outra abordagem é apresentada por Silva e colaboradores (2004) e aproveita o trabalho de Abel e colaboradores (2002-b). O trabalho está baseado na explicitação de semântica descrita a partir de objetos visuais encontrados em uma imagem. Explora a anotação de imagens e divide em dois níveis, inicialmente um permite a seleção de conceito que um usuário pode identificar e descrever a partir da imagem e posteriormente captura objetos abstratos que são reconhecidos no alto nível de especialidade do domínio. Através disso, tenta-se representar as informações com pacotes visuais como modelo de representação de padrões visuais que são selecionados a partir da descrição ontológica, possibilitando definir evidências importantes e conectando-as às interpretações utilizando um modelo de interpretação.

A proposta apresentada tem como desafio a análise da efetiva descrição baseada em ontologia de conhecimento visual que especialistas, ambos quantitativo e qualitativamente, aplicados para avaliar unidades geológicas como reservatórios de petróleo. Baseado em diferentes estruturas de anotação, são propostos níveis de anotação distintos, o especialista e o novato, os quais são relatados de um para o outro para disponibilizar o desenvolvimento de consultas e raciocínio baseado em algum conteúdo de imagem é simbolicamente caracterizado.

A proposta divide em dois níveis conceituais. O primeiro apresenta o baixo nível de anotação de imagem para mostrar a conexão entre objetos visuais e conceito-atributo-valor que são selecionados a partir da ontologia de domínio. Depois, os pacotes visuais, os grafos de conhecimento e as estruturas de raciocínio são descritas, possibilitando

usuários definirem informações visuais de alto nível utilizando uma ferramenta de anotação baseada na ontologia e também permite introduzir métodos de interpretação.

O trabalho considera que a entrada para inferência não é a imagem e sim a abordagem simbólica para análise da imagem para abordagem numérica a partir dos atributos da imagem no baixo nível. Tal abordagem caracteriza-se como de alto nível para complementar semi-automaticamente reconhecimento de padrões e métodos de extração de feições.

2.1.3 Representação através de múltiplos níveis de estruturas visuais

Em Jaimes e Chang (2000) é proposta uma unificação de conceitos da literatura de diversas áreas como psicologia cognitiva, ciência, arte para tratar as imagens a partir de níveis de estruturas visuais. Divide em dez níveis de estruturas visuais apresentando uma maneira sistemática para indexação de imagens baseadas na sintaxe (cor, textura, etc) e semântica (objetos, eventos, etc) e inclui distinções entre conceito geral e conceito visual.

O trabalho foca no problema de múltiplos níveis de descrição para indexação de informação visual. Separa as informações presentes através da distinção do conteúdo visual e do que não é visual. Conteúdo visual é o que ao olhar a imagem pode-se verificar (linhas, formatos, cores, objetos). O conteúdo não visual corresponde à informação que não está explícita. Essa representação apresenta uma estrutura visual em dez níveis, os quatro primeiros níveis referem-se à sintaxe e os outros seis, a semântica. A partir disso, considera cada nível como fundamental para que a caracterização de objetos seja possível e garantir o máximo de informação. Os dez níveis são apresentados na Figura 2.3.

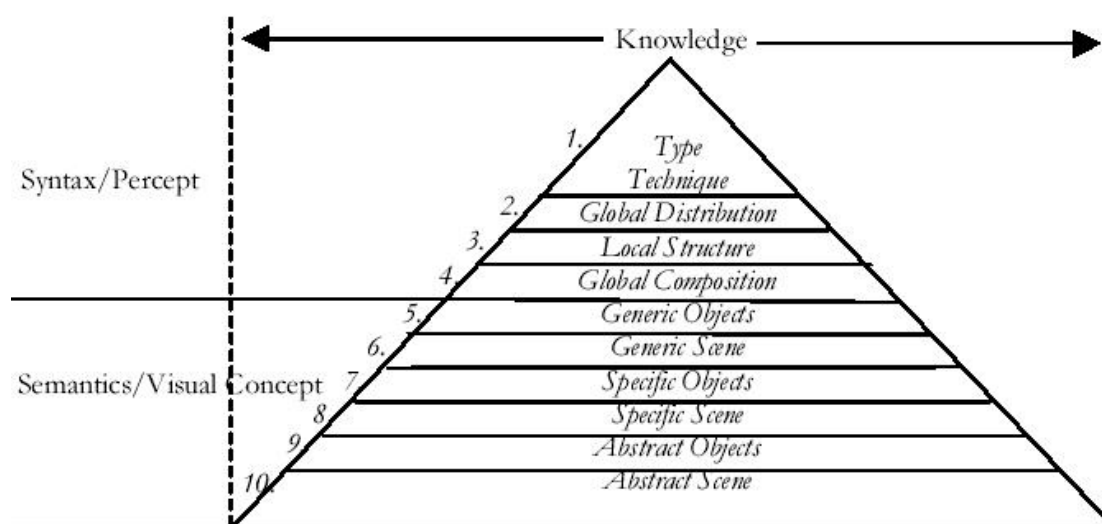


Figura 2.3: Dez níveis de estruturas visuais presentes em imagens (JAIMES e CHANG, 2000).

Os dez níveis vão caracterizando uma imagem desde os traços mais gerais, estruturas e posteriormente relacionamentos abstratos. Apresentam o modelo da pirâmide em que quanto mais baixo o nível da pirâmide mais conhecimento e informação é necessária para possibilitar a indexação. Informação não visual eles abordam com o objetivo de apresentar uma estrutura simples que dá linhas gerais para indexação.

2.1.4 Anotação de fotografias baseadas em ontologia

No trabalho de Schreiber e colaboradores (2001) é proposta a conexão de uma ontologia de anotação com a ontologia de domínio. A ontologia de anotação caracteriza-se a partir de uma fotografia, uma estrutura de classes e subclasses de feições relatadas, formando assim uma coleção de feições. É possível que sejam adicionadas novas feições a qualquer momento e isso torna simples a sua expansão. Ambas ontologias têm uma terminologia geral e para manter a ontologia de anotação e ter uma ontologia separada é definido um mapeamento explícito entre a descrição do objeto em questão na ontologia previamente existente para a hierarquia da ontologia posterior. Dessa maneira os termos de uma são relacionados com os de outra.

2.1.5 Analogia visual em solução de problemas

De acordo com Davies e Ashok (2001) são definidas como representações visuais apenas o que consiste em informação relevante de como uma imagem aparece. A definição visual inclui ambas representações de alto nível simbólico e baixo nível bitmap.

Existe linguagem para expressar analogias visuais e mapeamento entre as analogias, para isso é necessário um vocabulário de primitivas visuais que expressem mudanças entre duas imagens, e um vocabulário de primitivas visuais que possibilitem transformações. No trabalho, é apresentada uma linguagem de primitivas visuais chamadas Privlan, que consiste de elementos de primitivas visuais e primitivas de transformações visuais. No trabalho é descrito um algoritmo para a representação através da linguagem específica. Utiliza o sistema Galatea para demonstrar a validade das técnicas. A representação simbólica provê os benefícios de discretização, abstração, ordenamento e composição.

2.1.6 Análise comparativa das técnicas e sistemas estudados

Este texto apresentou diferentes sistemas que trabalham com interpretações a partir de imagens através das mais variadas metodologias. Além disso, foram apresentadas as técnicas mais recentes de representação de conhecimento visando extrair e organizar o máximo do conhecimento presente em imagens. Esta seção apresenta uma análise geral sobre os diversos aspectos explorados por sistemas para a busca de conclusões e também são avaliados os modelos de representação de conhecimento.

Os estudos e sistemas para interpretação a partir de imagens e representação do conhecimento exploram aspectos variados. Quanto aos sistemas de interpretação, podem variar de acordo com o objetivo que se tem no trabalho desejado. Algumas variações a partir da idéia original existem e a união de diferentes técnicas colabora para o melhor tratamento do conhecimento presente em imagens.

A abordagem quanto a métodos geométricos representa muitas vezes a primeira busca de informações a partir de imagens quando se imaginam sistemas que trabalham para isso. As vantagens desse modelo é que se trabalha com modelos exatos que exploram a geometria dos objetos e podem ser aplicados a diferentes tipos de imagens. As características podem ser percebidas pelos sistemas a partir de imagens e assim, esses sistemas são categorizados para explorar as semelhanças de objetos. Porém, esses sistemas que utilizam métodos geométricos para realizar interpretações de imagens apresentam alguns problemas. Um dos problemas é uma dificuldade de detectar feições

de maneira confiável, pois as feições muitas vezes se assemelham e podem acabar sendo categorizadas em uma categoria que não deveria ser. Outro problema é que para conseguir trabalhar com esse método utilizam-se objetos genéricos em imagens e acaba implicando uma abstração de detalhes geométricos que muitas vezes são significativos para uma interpretação. Por mais que se tente documentar e buscar o máximo de informação geométrica de uma imagem, muitas ainda são perdidas para que seja possível generalizar uma interpretação. Existe ainda uma dificuldade de representação de objetos devido a grande quantidade de variações possíveis de cada definição que eles têm, sendo assim, essa representação fica muitas vezes descaracterizada ou com insuficiência de dados para caracterizar os objetos.

Uma das principais características percebidas nos modelos baseados em conhecimento é que necessitam de bases de conhecimento específicas para tratar as interpretações. Não existe uma maneira genérica de avaliar uma interpretação baseada no conhecimento sem que se tenha conhecimento do domínio que se está trabalhando. Uma outra característica desse modelo é a separação do raciocínio e do conhecimento, além da possibilidade de separação dos tipos de conhecimento. Essa separação é utilizada para não necessitar a criação de todo o raciocínio e sim aproveitar o que já existe modificando-se apenas o conhecimento. Muitos trabalhos utilizam os aspectos explorados por esses sistemas, principalmente porque através do conhecimento adquirido para se trabalhar nas comparações entre informações de imagens é que é possível categorizarem objetos do domínio específico.

Quanto aos sistemas que utilizam métodos baseados na aparência, eles têm como princípio o reconhecimento de objetos diretamente de imagens sem ter um conhecimento anterior. As informações providas são todas a partir das imagens e muitas vezes pode não ser suficiente para interpretações. Esses sistemas têm problemas quanto a encontrar feições que provêm discriminações confiáveis entre objetos similares e dificuldade de aprendizado de exemplos em espaços multidimensionais.

Quando se busca interpretação semântica a partir de imagens e não simplesmente o reconhecimento de objetos e categorização deles, muitas vezes o conhecimento prévio representa todo o diferencial para possibilitar interpretações corretas. As representações de conhecimento visual mais significativas exploram justamente esse aspecto e as técnicas a seguir relatadas realizam uma combinação de fatores, tendo sempre o foco baseado no conhecimento.

Maillot e colaboradores (2004; 2005) tentam utilizar o que há de melhor a partir dos diferentes métodos para interpretação de imagens principalmente baseados em conhecimento. A principal característica é a categorização de objetos sem que seja necessário conhecimento de processamento de imagens. Dessa forma especialistas podem usufruir mais facilmente dos recursos. A metodologia proposta visa estabelecer uma conexão entre a descrição de semântica visual provida por especialistas e as características numéricas de baixo nível utilizadas para aprendizado e reconhecimento de objetos.

O trabalho de Abel e colaboradores (2001; 2002-b) explora a representação do conhecimento de maneira a possibilitar, através do uso de ontologia, um vocabulário específico e categorizado para tratamento do conhecimento. São organizadas estruturas de conhecimento a partir de grafos de conhecimentos que são utilizados para a formação dos pacotes visuais que representam as feições para uma determinada interpretação ser validada. Nesses pacotes visuais são representadas como tuplas no estilo conceito-

atributo-valor, e assim, as informações ficam armazenadas para comparações com demais casos. Forma-se uma árvore de busca de informações que caracterizem interpretações possíveis. Os pacotes visuais são utilizados como representação de alto nível para tratar as abstrações do especialista. É utilizado para representar o conhecimento tácito efetivamente aplicado para interpretação baseada em imagens.

Silva e colaboradores (2004) aproveitam as técnicas do trabalho de Abel e colaboradores (2002-b) para demonstrar a importância da separação dos níveis de captura de feições a partir de usuários não experientes e também com especialistas. Essa separação de captura de conhecimento ocorre através de anotações em imagens nos dois níveis de análise. É apresentada uma proposta de busca de objetos em imagens que através de anotação nas imagens relacionada com a ontologia do domínio permita representar o que é visualizado, desde o mais baixo nível. O trabalho busca a interligação do que é percebido por um especialista a partir da imagem é a captura dessa informação de forma semi-automática. Por serem muito complexos os modelos analisados muitas vezes essa automatização fica comprometida por não representar a possibilidade real de interpretação de um especialista.

Jaimés e Chang (2000) utilizam diversos níveis da estrutura visual. Este trabalho se caracteriza por separar diversos tipos de informações e dessa maneira acumular o máximo de conhecimento categorizado nos níveis existentes. Esses diferentes níveis servem para capturar o máximo de conhecimento adequado para cada nível e posteriormente podem ser feitas análises em busca de uma determinada interpretação.

Schreiber e colaboradores (2001) utilizam a ontologia de anotação sendo relacionada com a ontologia de domínio e dessa forma realizam uma conexão entre as informações através da terminologia geral. O conhecimento vai sendo representado através das diversas classes de categorização para posteriormente ser armazenado.

Davies e Ashok (2001) consideram nas representações visuais só o que é realmente relevante, desconsiderando alguns aspectos. Através de uma linguagem de representação o conhecimento das imagens, utilizando um vocabulário específico. Esse vocabulário é responsável por possibilitar as mais variadas interpretações que se baseiam nos termos possíveis existentes.

Percebe-se a preocupação do tratamento do conhecimento como o bem mais significativo a ser representado. Sistemas que só se preocupem com o reconhecimento de objetos em imagens sem envolvimento de conhecimento prévio sofrem com problemas de agregar captura do conhecimento implícito. As abordagens mais recentes se preocupam nas diferenciações de níveis de captura de informações de imagens para permitir uma melhor avaliação e facilitar para que sistemas utilizem técnicas válidas para as interpretações. A agregação de conhecimento aos sistemas e o tratamento deste como principal responsável pelo sucesso das interpretações são as principais características dos estudos atuais.

A generalização de objetos é responsável por possibilitar a captura nas imagens, porém também são responsáveis por tornar o reconhecimento de objetos diferentes como sendo iguais, tornando-se um problema para interpretações. Muitas análises automatizadas dependem da imagem com a qual se trabalha. Algumas vezes os sistemas existentes conseguem realizar interpretações automaticamente a partir das técnicas utilizadas. Quando isso é possível o domínio estudado e o tipo de imagem caracteriza-se por ser simples de ser explorado e sem conter conhecimento tácito presente entre o

relacionamento de objetos existentes. Nas imagens que este tipo de conhecimento é significativo, os sistemas tornam-se ainda ineficientes na maioria das vezes.

Nas tabelas 2.1 e 2.2 são apresentados comparativos entre os tipos de métodos de interpretação em sistemas e modelos de representação de conhecimento atuais respectivamente.

Tabela 2.1: Comparação entre métodos de interpretação de imagens

Métodos / Aspecto	Deteção das feições	Tipo de domínio	Níveis	Linguagem de representação	Trabalhos relacionados e documentação
Geometria	Difícil, captura bem determinados aspectos. Muitos relacionamentos ficam de fora. Objetos genéricos implicam abstração de detalhes.	Genérico.	Diferencia em níveis não tão fáceis de serem percebidos. Dependendo dos aspectos analisados.	Existem.	Diversos trabalhos. Métodos mais comuns nos sistemas que buscam interpretações a partir de imagens.
Conhecimento	São objetos reconhecidos e seus relacionamentos que são comparados com conhecimento prévio.	Específico. Cada sistema trabalha com determinado domínio.	Diversos níveis de representação, a maioria 3 níveis. Desde o baixo nível até o alto nível.	Escolha de variadas linguagens para representação do conhecimento.	Diversos trabalhos existentes. Documentação bem organizada dos sistemas.
Aparência	Diretamente da imagem sem conhecimento prévio. Múltiplas visualizações. Problemas de discriminação	Genérico.	Diferencia em níveis, principalmente categorizando o alto nível de conhecimento.	Indefinido.	Poucos trabalhos.

Tabela 2.2: Comparação entre representações atuais de conhecimento

Modelos /Aspecto	Detecção das feições	Tipo de domínio	Níveis	Representação	Trabalhos relacionados e documentação
CogVis	Através da exploração da descrição visual de objetos de interesse e um conjunto de imagens anotadas e segmentadas, depois são categorizadas as feições.	Específico e genérico. Diferenciação dos níveis facilita modificação do domínio.	Utilização de 3 níveis para representação, sendo o alto nível descrito por taxonomia.	Categorização dos objetos.	Tem embasamento de diversos métodos anteriormente existentes. Utiliza uma mescla de técnicas de conhecimento e aparência.
Pacotes visuais	Feições detectadas na descrição do que é visualizado comparando-se com termos na ontologia organizados em pacotes visuais	Genérico	Utiliza níveis de representação desde o baixo nível até o mais abstrato para representar conhecimento.	Através da categorização de feições em conceito-atributo-valor em um grafo de conhecimento.	Utiliza trabalhos anteriores bem documentados.
Ontologia de Anotação	Feições detectadas a partir das ontologias de anotação e de domínio.	Genérico.	Utiliza diferentes classes para categorização.	Indefinido.	Diversos trabalhos são utilizados.
Múltiplos níveis	Diversas feições detectadas para cada nível.	Genérico.	10 níveis de representação de conhecimento da figura	Indefinido.	Utiliza conceitos de diversas técnicas para cada nível.
Analogia Visual	Feições úteis são detectadas, apenas o que é relevante.	Genérico	2 níveis	Utiliza linguagem específica, tendo representação complexa.	Utiliza conceitos anteriormente existentes.

2.2 Referenciamento espacial

O referenciamento de pontos é um estudo fundamental para localizações a partir do uso de mapas. O referenciamento de pontos é estudado em Sistemas de Informações Geográficas – SIG (MAGUIRE, GOODCHILD e RHIND, 1991) os quais são sistemas capazes de capturar, armazenar, consultar, manipular, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação a superfície da Terra. Os dados manipulados são geralmente georreferenciados e tratados de uma maneira específica que caracteriza os SIG. Georreferenciar uma imagem ou um mapa é tornar suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se planeja georreferenciar) de pontos da imagem ou do mapa a serem georreferenciados, conhecidos como pontos de controle.

Usualmente, a referência a algum item específico é feita através de um código nominal e posteriormente através de consulta a mapas, podendo-se inferir características espaciais. As definições de georreferenciamento têm em comum a idéia de localização de algum dado em um sistema de coordenadas geográfico.

As aplicações de geoprocessamento muitas vezes buscam modelos de representação conceitual que dêem significado às observações de elementos e relações de um sistema do mundo real, para se ter assim um modelo simplificado. Muitas áreas têm alguma expressão espacial que tratam sobre a localização, forma, distribuição, continuidade, etc e justamente nesse contexto se insere o georreferenciamento de informação, capaz de ajudar na representação de sistemas de criação dos modelos do mundo real.

Existem diversos fatores a serem considerados para a referência de pontos em um determinado sistema. Inicialmente é necessário considerar os modelos de representação de dados espaciais como amostragem irregular de pontos, linhas de contorno, polígonos, amostragem regular de pontos, grade regular de celular e grade triangular (GOODCHILD, 1992), cada um pode ser mapeado para uma determinada representação mais adequada.

A composição do processo de representação dos modelos consiste da identificação entre o objeto e um domínio espacial e a provisão de referências espaciais explícitas para este domínio, ou seja, efetiva representação. Para elaboração dos modelos existem diferentes técnicas, algumas já aplicadas há muitos anos, entre elas vetores e matrizes.

2.2.1 Modelos de representação matricial e vetorial

As representações vetoriais têm em comum o fato de que os domínios espaciais são representados por conjuntos de traços de deslocamentos ou vetores, adequadamente referenciados. A estrutura vetorial utiliza linhas, pontos ou regiões para representar feições de interesses, e a localização destas feições sobre a superfície terrestre são referenciadas em termos de coordenadas X,Y (Sistema de Coordenadas Cartesianas) (ARONOF, 1989). A vetorização em tela tem vantagens vinculadas à tecnologia envolvida, especialmente no que diz respeito à precisão, visto que a imagem original pode ser aproximada sempre que necessário até atingir o nível máximo permitido pelo software utilizado. A desvantagem diz respeito à captura de imagens de mapas de grandes dimensões, notadamente quando não se dispõe de equipamentos apropriados.

A estrutura matricial possui como unidade básica lógica uma célula de uma malha e caracterizam-se por serem mais intuitivas. Cada célula contém um valor único e ela é localizada através do número de posicionamento de linha e coluna em uma rede

equidistante, chamada grade. A estrutura matricial divide o espaço geográfico em elementos discretos.

O modelo matricial quadrático é facilmente aplicado para sistemas de posicionamento através de células já que os pontos equidistantes podem ser facilmente localizados. O modelo matricial quadrático é apresentado com a representação de uma grade na Figura 2.4.

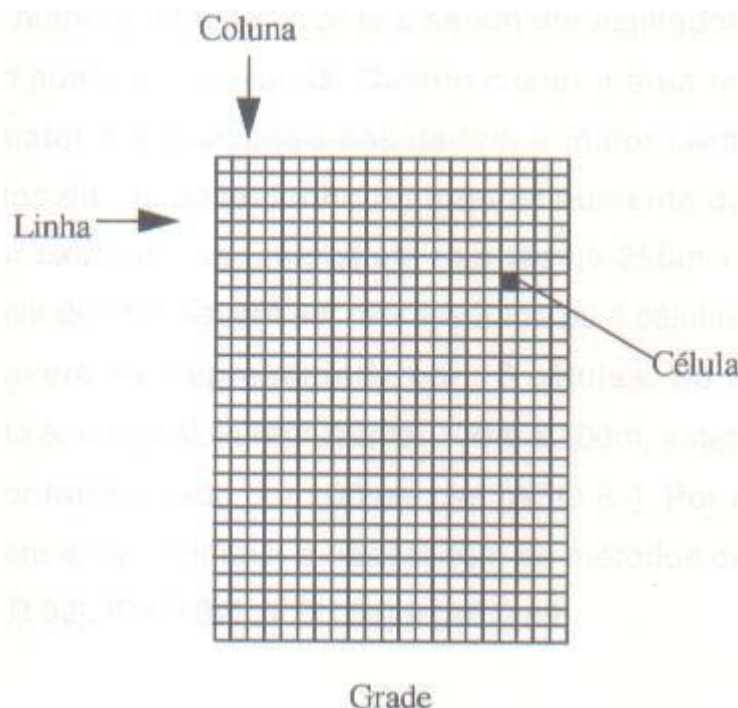


Figura 2.4: Modelo matricial quadrático (BITTENCOURT, 1996).

Os dois conceitos mais importantes no modelo são quanto a resolução e a orientação. Quanto menor a dimensão das células, maior a resolução da área e assim tem maior consumo de memória. A orientação corresponde ao ângulo entre o norte verdadeiro e a direção definida pelas colunas da imagem.

O armazenamento dos dados através desse modelo matricial apresenta um grande volume de informações. Devido a isso, torna-se necessário o emprego de estruturas que utilizem técnicas de compactação.

2.2.2 Escalas

Pode se definir escala como sendo a relação ou proporção existente entre as distâncias lineares representadas em um mapa e aquelas existentes no terreno, ou seja, na superfície real (FITZ, 2000). As escalas mais utilizadas são nas formas numérica - que utiliza a representação 1:50.000, cada unidade corresponde a cinquenta mil unidades na realidade - a gráfica representada por uma linha ou barra graduada com divisões ou nominal que utiliza a representação 1 centímetro = 10 quilômetros, ou seja, um centímetro corresponde a 10 quilômetros.

No caso de mapas armazenados em arquivos digitais, esta situação tende a ser relegada a um segundo plano, pois, em princípio, a escala pode ser facilmente transformada para quaisquer valores. Entretanto, isto pode vir a gerar uma série de problemas. Deve-se ter cuidado ao lidar com este tipo de estrutura, pois o que realmente

condiz com a realidade é a origem das informações geradas. Assim, um mapa criado em meio digital originalmente concebido na escala 1:50.000 nunca terá uma precisão maior do que a permitida para esta escala.

2.2.3 Transformando medidas digitalizadas em coordenadas

Medidas provenientes de um digitalizador ou de um *scanner* são inteiramente relativas ao sistema de referência espacial do hardware. Em função de muitos propósitos, esses números necessitam serem convertidos para uma referência espacial mais significativa.

Sejam derivadas de um *scanner*, de uma mesa digitalizadora, as unidades de medições espaciais são baseadas no hardware. É difícil repor um mapa exatamente na mesma posição numa mesa ou transferi-lo para um *scanner* exatamente com a mesma orientação. As medidas brutas devem ser conectadas a algumas malhas externas de pontos de referência, apenas para o processo de conversão.

Para que uma representação digital de uma imagem possa ser criada, é necessário discretizá-la e assim tratar a matriz de números digitais, ou seja, os pixels (picture element). Através dos pixels se tem uma representação em uma tela e assim um sistema de referenciamento pode ser utilizado para tratar as coordenadas a partir dos pixels.

3 O DOMÍNIO DA APLICAÇÃO: ANÁLISE PETROGRÁFICA PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO.

A avaliação da qualidade das rochas que armazenam petróleo nos campos petrolíferos para definir o potencial de produção desses campos é uma atividade fortemente dirigida por raciocínio *imagístico*. A qualidade dos reservatórios é definida a partir da identificação de aspectos da rocha que demonstram os processos de deposição pelos quais essa rocha passou. Os processos definem a qualidade da porosidade e permeabilidade da rocha, bem como a heterogeneidade na distribuição dessa qualidade ao longo dos reservatórios.

O conhecimento visual necessário para realizar interpretações dos aspectos visuais de uma rocha tem impacto direto na tomada de decisões providas por especialistas. Sua captura, no entanto, é de difícil solução, devido ao componente implícito e não-simbólico deste conhecimento.

3.1 Exploração de reservatórios de petróleo

As propriedades intrínsecas mais importantes em rochas reservatório de petróleo são a porosidade e a permeabilidade. Porosidade é a porcentagem ocupada por fluido (óleo, gás natural e água) em relação ao seu volume total. Permeabilidade é definida como a facilidade com que um meio tem de transportar um fluido. Os valores de distribuição de porosidade e permeabilidade nas rochas reservatórios são condicionados por aspectos de deposição e pós-deposição (diagênese), tais como estruturas deposicionais, tamanho de grão e seleção, os tipos, texturas e localização de processos, além dos constituintes formados após a deposição dos sedimentos no processo de diagênese. Estes parâmetros são descritos durante a análise sistemática de rochas reservatório, para prover as informações essenciais para a criação de modelos para a caracterização da qualidade e heterogeneidade de reservatórios em produção, ou para a predição de qualidade de um novo reservatório durante exploração. A aquisição e documentação das feições texturais e composicionais tem uma enorme importância para a avaliação da eficiência e potencial das rochas reservatório.

O processo de descrição petrográfica é baseado em análises visuais quanto aos aspectos de feições texturais e composicionais, utilizando uma terminologia extensiva para o determinado domínio. Uma descrição petrográfica completa de uma rocha reservatório deve compreender a total identificação da amostra descrita, ou seja, dados geográficos e geológicos de onde as amostras foram extraídas, dados do poço; a descrição de estruturas deposicional e pós-deposicional (como tipo de estratificação,

fraturas); descrição de aspectos texturais e fábrica (tamanho de grão e seleção, orientação e empacotamento de grãos deposicionais ou constituintes detríticos); de constituintes diagenéticos, formados após deposição e finalmente, os formatos, localização e relacionamento espacial dos poros, espaços preenchidos por óleo, gás ou água. Os diferentes constituintes detríticos, diagenéticos e poros de uma lâmina de rocha preparada a partir de uma rocha reservatório são identificados através de seus aspectos visuais quando analisados em um microscópio petrográfico de luz polarizada. Os constituintes são quantificados pela movimentação da lâmina em distâncias regulares chamadas de passo, e gravando em cada passo o constituinte visualizado no cruzamento das linhas existente na lente do microscópio para localizar os constituintes descritos, conforme apresentado na Figura 3.1.

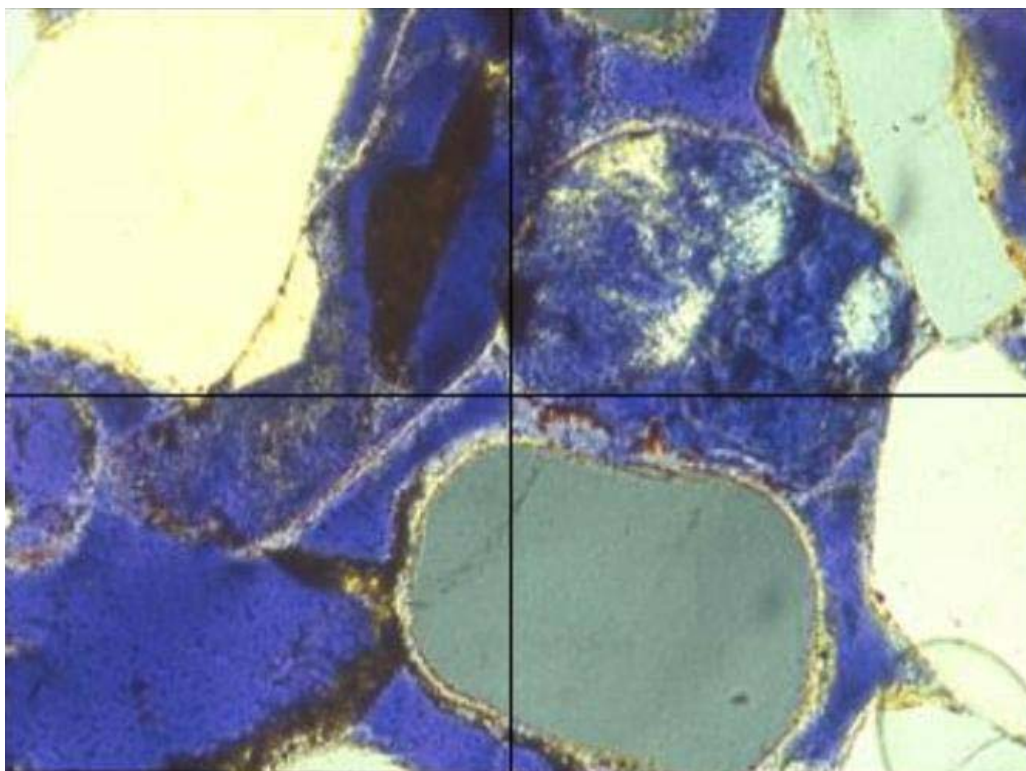


Figura 3.1: Microfotografia com o cruzamento das linhas do microscópio em que se visualiza franjas de mineral de argila ílítica em arenito.

3.2 A tarefa de descrição quantitativa e qualitativa de uma amostra de rocha

A descrição completa de uma amostra de rocha passa por diversas etapas. A seguir é apresentado um detalhadamente como é realizada uma descrição e as informações e equipamentos utilizados na tarefa.

3.2.1 Microscópios para Petrografia Sedimentar

O microscópio petrográfico é um instrumento utilizado na observação de lâminas de rochas e minerais que possibilita ampliações normalmente até 400 vezes o tamanho real. Existem dois tipos de microscópios petrográficos, os de luz transmitida e os de luz

refletida podendo ainda um mesmo equipamento permitir ambas possibilidades. A análise de rochas reservatório é feita utilizando microscópios de luz transmitida.

Nos microscópios de luz transmitida, a luz está na parte inferior do microscópio, sendo a luz conduzida por um sistema de lentes que, atravessando a amostra de rocha, permite que esta seja observada. A imagem resultante deste processo é ampliada por um sistema de lentes objetivas e oculares. Desta forma são observadas as características das rochas e minerais quando estes são atravessados pela luz. Por isso, só é possível observação dessa forma quando as amostras são quase transparentes, ou seja, que se deixem atravessar pela luz. Nos microscópios de luz refletida a fonte de luz encontra-se sobre a amostra e o que é observado é o resultado da reflexão da luz sobre a amostra. Os minerais opacos são estudados com o microscópio de luz refletida.

Os microscópios petrográficos possuem uma sustentação para as lâminas que permite rotacionar livremente a base rotacional do microscópio, conforme a Figura 3.2. A movimentação da platina permite que a luz atravesse os minerais em diferentes ângulos. Sob luz polarizada, os cristais que compõem os minerais desviam parte da luz mostrando-se em diferentes cores e luminosidades. Esse comportamento é a base para a identificação mineralógica.



Figura 3.2: Microscópio com base rotacional.

3.2.2 *Charriot* para movimentação de uma lâmina

Além do movimento livre de rotação da lâmina sob o microscópio, a análise petrográfica exige a movimentação lateral da lâmina em pelo menos dois eixos ortogonais (para que toda a área da lâmina seja examinada) e um vertical (para permitir o foco com diferentes objetivas).

A movimentação dos eixos ortogonais é realizada com o auxílio do *charriot*, uma peça que segura a lâmina rente ao microscópio e possibilita a sua movimentação através

de passos pré-definidos pelo equipamento com parafusos para movimentação. Um desses equipamentos pode ser visualizado na Figura 3.3.



Figura 3.3: *Charriot* manual utilizado para movimentação da lâmina em microscópios petrográficos.

Existem diferentes modelos de *charriot*, os mais simples são de movimentação manual, nos quais o usuário movimenta a lâmina a intervalos regulares e assim sabe o quanto está percorrendo. Outro modelo de *charriot* existente é semi-automatizado, anexado a um teclado mecânico. O acionamento dos botões do teclado incrementa um acumulador de pontos associado a cada botão e também movimenta o *charriot* em um passo sobre um dos eixos de coordenadas. Nenhum desses equipamentos possui controle por software e suas informações de quantificação não são armazenadas, apenas servem para anotação ao final do término do processo.

3.3 Lâmina em análise

Uma lâmina utilizada em um microscópio petrográfico é um objeto de vidro cortado sob medidas que podem variar de acordo com o fornecedor da lâmina. Geralmente elas têm dimensões de 45 x 25 milímetros e em sua parte superior é colocada uma fatia de rocha de 0,03 mm (milímetros) para assim ser analisada sobre o microscópio. Essa fatia de rocha é uma raspa da amostra retirada de um possível poço de exploração. A espessura exata para a análise é significativa quanto ao que se refere a possibilidade de visualização dos constituintes e feições presentes na amostra em questão, já que é necessário manter as características da rocha reais presentes na raspa. Para isso um processo especializado existe e garante que essas propriedades sejam mantidas, muitas vezes sendo necessário refazer uma lâmina quando isso não ocorre.

Essa lâmina utilizada representa um objeto de valor material muito significativo, necessitando ser mantido fisicamente armazenado para futuras análises. As propriedades da lâmina são analisadas a medida que se faz a varredura dos constituintes e a partir

disso se obtém informações úteis para interpretações. Uma lâmina contendo uma amostra de rocha é apresentada na Figura 3.4.

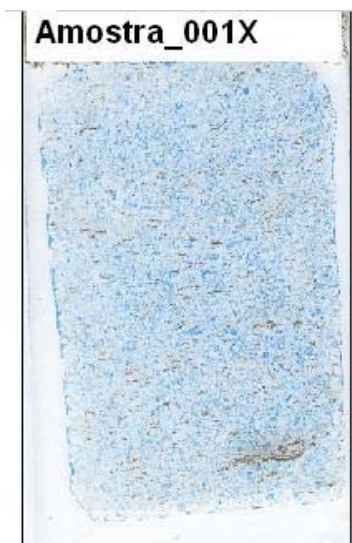


Figura 3.4: Lâmina com amostra de rocha.

3.4 Processo de preparação de uma lâmina

As rochas que são observadas em microscópio petrográfico são preparadas previamente utilizando equipamentos próprios para possuírem uma dimensão adequada ao manuseamento nos equipamentos utilizados. A amostra de rocha deve possuir uma dimensão determinada e, caso necessário, ela é cortada. Inicialmente a amostra é cortada e imersa em resina para realizar a impregnação de cor de poros, mantendo ainda a coesão do material. Posteriormente a superfície é polida e colocada sobre uma lâmina de vidro. A seguir, a amostra sofre desgaste para se obter a espessura de rocha da ordem adequada. Finalmente, a preparação está sujeita a um tratamento final de modo a ficar com a superfície bastante polida.

A Figura 3.5 apresenta as etapas necessárias para se chegar até uma lâmina pronta.

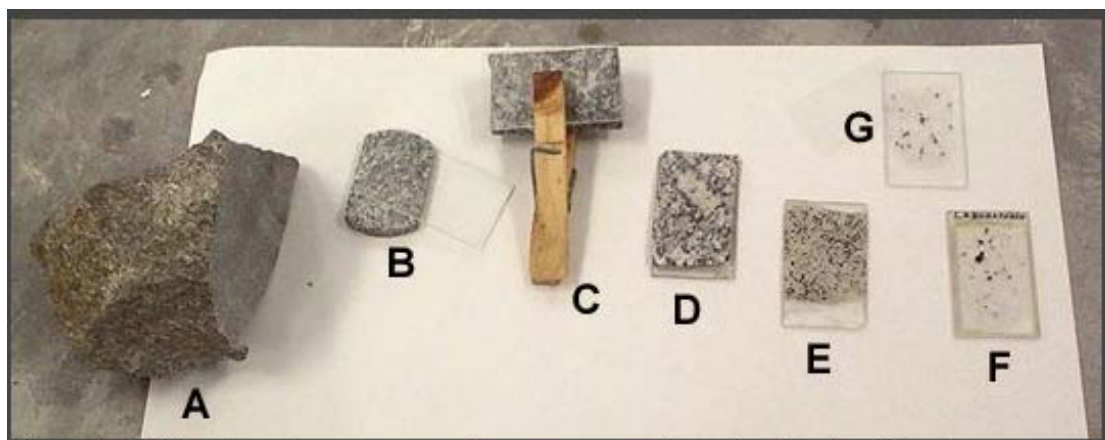


Figura 3.5: Etapas necessárias para a preparação de uma lâmina delgada a partir de uma amostra de rocha.

3.5 Processo de análise de descrição de amostras

Os processos de análise de amostra de rocha existentes requerem que a lâmina esteja fisicamente presente. Essa é uma tarefa que pode ser realizada por diferentes usuários de variado grau de conhecimento. Quanto maior o grau de especialização, maior a facilidade de percepção e de interpretação das informações visualizadas em uma lâmina de rocha. Portanto, caso um usuário deseje fazer uma descrição de uma lâmina de rocha, é necessário que a lâmina esteja presente para que ele possa anotar as informações observadas. Uma parte essencial da descrição é a etapa de quantificação e qualificação de minerais. Nessa tarefa, o usuário descreve o que está sendo visualizado no microscópio, ou seja, qual o mineral e suas características e, assim, ele então é contabilizado. Caso apareça novamente, o mineral é apenas quantificado, já que a informação descritiva dele já se encontra presente. Se em outro laboratório necessitarem ter uma análise da mesma lâmina, ou uma segunda opinião, é preciso que a lâmina seja enviada e analisada por uma outra pessoa e também quantificada. Não se pode refazer o trajeto percorrido durante a análise original, pois essa informação não é armazenada e não segue um padrão durante a movimentação.

As observações são anotadas em papel ou utilizando alguma planilha eletrônica. A etapa de quantificação e qualificação de minerais inicia-se através da escolha de um ponto de início de contagem após determinar qual é a laminação de determinada amostra. De acordo com a laminação é que o geólogo determina se a varredura da lâmina ocorrerá através de uma orientação ou outra. Após isso definido, o petrógrafo observa na lâmina posicionada no microscópio o mineral que está sendo visualizado e faz suas anotações. Após a quantificação de um mineral o petrógrafo posiciona a lâmina para o próximo ponto de análise. O intervalo de movimentação é determinado no início da descrição de acordo com o tamanho de grão de cada amostra que é variável. Após determinar um passo ideal de movimentação, este é utilizado até o final do processo. Caso seja um mineral diferente, então é anotado, caso for igual a um já quantificado, simplesmente se aumenta em uma unidade. Assim vão sendo quantificados os minerais para posteriormente serem utilizados em interpretações. A quantidade de pontos analisados em média é de trezentos pontos.

Ao final do processo de descrição, tem-se uma quantidade de pontos de diferentes tipos de minerais e porosidades. Em seguida essas informações são utilizadas para análises que dependem do objetivo. São feitas interpretações dependendo do trabalho que se busca e dependendo do que se quer, pode ser necessária uma quantidade variável de interpretações.

3.6 Falhas no processo manual de quantificação petrográfica

Existem algumas falhas nesse processo que são responsáveis por conclusões não significativas das análises. Muitas vezes as descrições são feitas de maneira incompletas e não representam um conhecimento importante para a análise. A seguir são listadas as principais falhas detectadas e que comprometem as interpretações:

- Identificação errada dos constituintes da rocha (minerais e poros);
- Identificação correta dos constituintes, porém sem o nível de detalhamento necessário. Por exemplo, identifica a classe do constituinte (e.g.: Feldspato

Diagenético), porém não detalha as espécies de minerais (e.g.: Feldspato Potássico);

- Omissão na diferenciação dos atributos dos constituintes. Hábito mineral, localização, relação com outros minerais ou poros, são fatores mais importantes do que a identificação apenas do mineral e devem ser descritos;
- Problemas para verificação posterior da identificação dos constituintes e também para reuso da informação. Dificuldades para localizar novamente um mineral descrito na amostra. Impossibilidade de verificar erros de identificação de minerais com checagem no final do processo. Por mais detalhada que seja uma descrição, é impossível se reanalisar o trajeto de quantificação por se tratar de uma movimentação manual da lâmina sobre o microscópio sem o armazenamento dos pontos percorridos;
- Problemas na recuperação do processo quando há interrupção da tarefa antes do seu final. Se for necessário retirar a amostra em análise do microscópio, provavelmente o processo deverá ser reiniciado, devido à impossibilidade de posicionar a amostra da mesma forma e encontrar o ponto de parada da análise;
- A organização, a comparação e as consultas a tais informações representam as principais dificuldades quando são necessárias análises de diferentes amostras;
- Não existe no processo de descrição uma continuidade no acúmulo de informações referente a determinada amostra de rocha ou ainda o aproveitamento de informações já presentes em outras descrições. Sempre que se deseja relacionar a informação descrita no papel ou na planilha eletrônica, é necessário lembrar o material ao qual está relacionado, sem ter como agregar documentação extra de outras fontes;
- Imprecisão nas descrições. Muitas vezes é necessária uma nova descrição com o uso correto da terminologia ou ainda é necessário completar as informações descritas que estão implícitas.

Devido a essas diversas falhas no processo de descrição, um grande volume de informação importante para o processo de avaliação de reservatórios de petróleo fica comprometido quanto à sua validade. Mesmo que diversas informações estejam presentes, caso não tenham sido capturadas corretamente, passarão inclusive a piorar os resultados das interpretações já que indicaram a existência de constituintes, feições e relacionamentos entre eles que não estão corretos. Uma descrição incompleta interfere diretamente na análise posterior e as consequências são percebidas somente após o processo de exploração quando já se passaram diferentes etapas de elevado custo de trabalho.

Esta dissertação apresenta uma solução para o processo de documentação de rochas-reservatórios que elimina os problemas mencionados nessa seção. A partir do conjunto de falhas percebidos no processo de quantificação e qualificação de uma amostra de rocha foi desenvolvido um fluxo de trabalho através de ferramentas de software e hardware. Essas ferramentas são específicas para tratar a informação de amostras de rochas a partir de um fluxo de descrição padronizado e uma nomenclatura uniforme. O processo permite a documentação das etapas de descrição de modo que é possível a recuperação de informações facilmente. Os detalhes desse processo são apresentados no capítulo seguinte.

4 O PROCESSO DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Esse capítulo descreve a seqüência de passos utilizados em uma descrição petrográfica adaptada para ser realizada com o suporte do dispositivo *StageLedge* e a utilização do sistema *PetroGrapher* (ABEL et al., 2002), integrados pelos módulos desenvolvidos neste trabalho. Foi formalizado um processo completo de quantificação e qualificação de amostras de rocha, antes feito de forma subjetiva, e foram desenvolvidas as ferramentas computacionais para o suporte a cada uma das etapas da tarefa, com foco na preservação das informações e conhecimento obtidos na análise, e na orientação dos passos de análise.

O armazenamento das informações e a utilização de imagens referenciadas espacialmente possibilitam uma documentação completa do roteiro de movimentação da lâmina durante o processo de análise e permite a recuperação precisa do processo de tomada de decisão. As feições importantes são capturadas em fotografias sobre as quais são realizadas anotações. O modelo de descrição busca manter as etapas e seqüência usuais de uma descrição petrográfica manual. O processo como um todo, porém, é racionalizado para agrupar os tipos de informações coletadas e também evitar retrabalho quando acontece interrupção da tarefa. Embora o sistema ofereça uma relativa liberdade na escolha do fluxo da descrição ou nível de detalhamento, busca-se a homogeneização dos estilos de descrição evitando grandes diferenças de informação a ser capturada por diferentes petrógrafos. A sistemática de descrição aqui proposta é apresentada detalhadamente nas próximas seções.

Uma visão geral do processo é apresentada na Figura 4.1 que apresenta as etapas necessárias para se capturar as informações e o conhecimento sobre a rocha. A figura apresenta o fluxo do processo que inicia com a digitalização da lâmina, passa pela etapa de descrição, quantificação e qualificação juntamente com o referenciamento de pontos e possibilita anotação de imagem e documentação através de *hyperlinks* e observações. O resultado é a geração do mapa virtual da lâmina delgada e das anotações dos objetos identificados na imagem (extração de feições), com respectivas coordenadas espaciais, além de disponibilizar o conhecimento de maneira simplificada para usuários que utilizam o sistema.

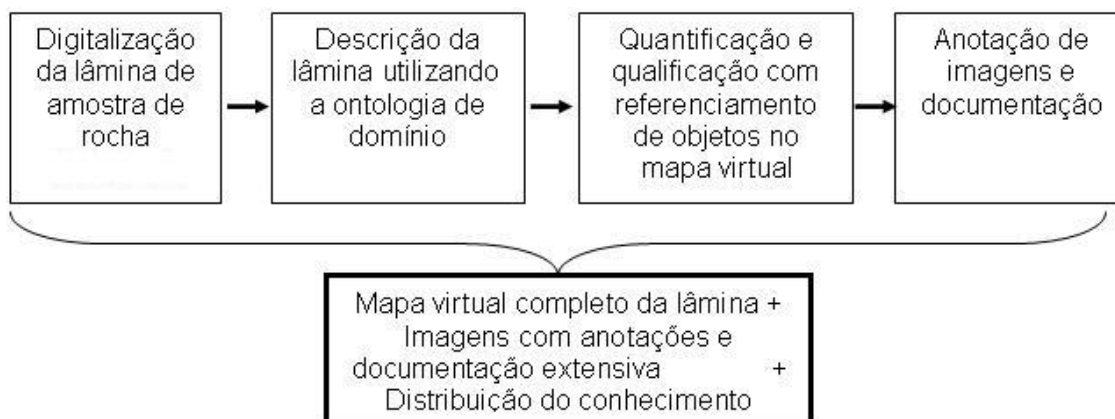


Figura 4.1: Etapas do processo de descrição de uma amostra de rocha.

Para a realização do fluxo de descrição são necessárias algumas ferramentas desenvolvidas nesse trabalho e outras já existentes no sistema *PetroGrapher* que passaram por adaptações. Além de ferramentas de software também foi utilizada a platina eletrônica (VICTORETI, 2004) responsável por permitir uma movimentação automatizada na quantificação de minerais. Esse dispositivo sofreu modificações para suportar a junção com o módulo de composição do sistema *PetroGrapher*.

As próximas seções descrevem os componentes de hardware e software do sistema; o detalhamento do processo de análise petrográfica com o suporte do sistema; e a integração das ferramentas de software e hardware para localização das feições sobre a lâmina física com as fotografias e anotações realizadas ao longo do processo de descrição.

4.1 Componentes do Sistema

O sistema desenvolvido neste trabalho consiste da platina eletrônica (*StageLedge*), um dispositivo eletromecânico aperfeiçoado a partir do protótipo desenvolvido pelo autor em Victoreti (2004); um sistema de referenciamento espacial e captura de informação para geração do mapa virtual da lâmina de rocha; e dos módulos de integração e armazenamento das informações.

4.1.1 Platina eletrônica *StageLedge*

A idéia da utilização da platina eletrônica se origina na necessidade percebida durante o uso do sistema *PetroGrapher* por geólogos durante a etapa de quantificação de minerais. A platina eletrônica torna possível o controle por computador do movimento da lâmina sobre o microscópio, de modo a permitir a contagem de constituintes de uma amostra e determinar sua classificação composicional. O equipamento em sua versão atual é apresentado na Figura 4.2.

O equipamento é responsável por permitir a movimentação automatizada a partir de um sistema que controla a próxima posição de análise da lâmina. A platina eletrônica é composta por motores de passo e por uma estrutura mecânica cortada e montada com a necessária precisão. O dispositivo não precisa estar conectado a um computador para permitir a movimentação, que é gerenciado e alimentado pelo controlador, porém para que as informações do trajeto sejam armazenadas é necessário que se esteja com um

software apropriado conectando a platina ao computador. A navegação sem o controle pelo computador é feita exclusivamente por um *joystick* acoplado ao controlador.

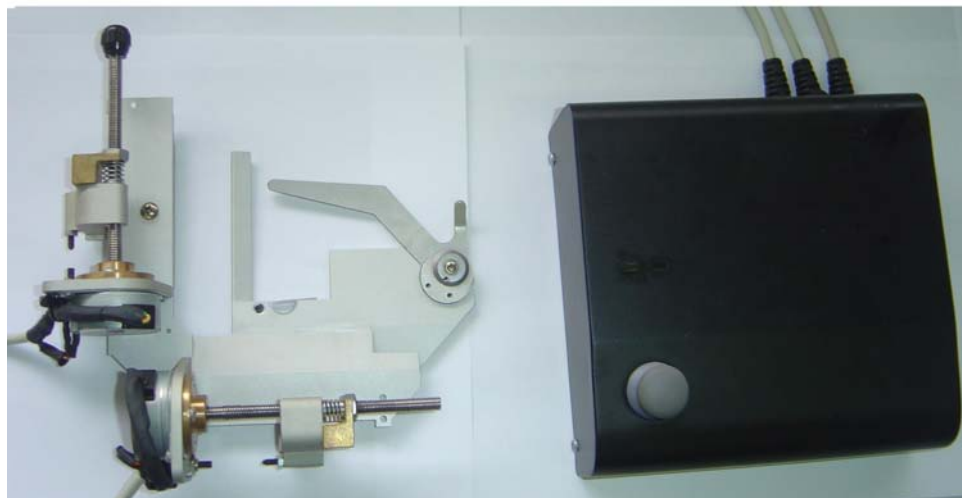


Figura 4.2: Platina eletrônica composta pela parte mecânica e um controlador.

A platina eletrônica serve para automatizar e facilitar o processo de quantificação e ainda possibilitar trabalhos de re-análise já que garante a localização dos pontos a cada movimentação. Ela é composta por dois motores de passos em eixos ortogonais com um passo mínimo de 0,02833 milímetro e pode percorrer múltiplos desses passos em cada eixo. Ela tem o formato semelhante aos *charriot* originais de microscópios, permitindo navegar pela mesma área e rotacionar a base. Essa é a principal diferença do equipamento, já que outros movimentadores automatizados existentes para microscópios existem, porém possuem uma mesa fixa sem movimentação de rotação (AUTOSCAN, 2000; CONIX, 2003; PRIOR, 2003). A exigência de platinas giratórias controladas por computador em microscópios de grande aumento exigiu o projeto de um dispositivo de dimensões extremamente reduzidas e leves, em contraste com as platinas eletrônicas para mesa fixa existentes no mercado.

O software controlador da platina eletrônica integrado ao sistema *PetroGrapher* disponibiliza uma interface de movimentação como apresentada na Figura 4.3 e funciona também integrado ao módulo de composição apresentado na próxima seção. O software controlador é responsável pela definição de tamanho de passo e movimentação da platina através de comandos enviados para cada um dos dois motores de passo existentes. A varredura sobre a lâmina tem seu trajeto armazenado. Um mineral quantificado faz com que a platina se movimente para o próximo ponto de contagem. Garante-se a precisão de movimentação com um equipamento apropriado e também serve de registro no computador já que está totalmente integrada com um software de armazenamento de tipos de dados específicos, além de permitir análises para interpretação.



Figura 4.3: Interface visual do controlador da platina eletrônica.

4.1.2 Mapa virtual: sistema de coordenadas espaciais para varredura de uma lâmina de rocha de acordo com a platina eletrônica

O sistema de coordenadas espaciais utilizado é composto por dois eixos perpendiculares e segue as regras de um sistema de coordenadas cartesianas. Os objetos estão referenciados a este sistema de coordenadas espaciais de acordo com a platina eletrônica responsável pela movimentação sobre uma lâmina de rocha. O ponto de origem representado pelas coordenadas (0,0) pode ser representado em diferentes posições. Pode-se considerar o centro da lâmina ou qualquer extremidade, por exemplo, como o ponto de origem e a partir daí referenciar os demais de acordo com o tamanho de passo utilizado na movimentação da platina eletrônica. Ao se especificar o tamanho do passo, fica determinada a quantidade máxima de pontos que poderão ser percorridos em uma lâmina, já que esta tem um tamanho fixo. A escolha do tamanho de passo depende de uma análise inicial do usuário.

Para as aplicações da platina eletrônica, considerou-se a melhor representação do ponto de origem o ponto (0,0) em uma das extremidades e assim se trabalha somente com valores positivos. Como os eixos se movimentarão a partir do valor zero em direção ao avanço da movimentação, apenas ocorre um incremento dos valores da localização dos pontos. No retrocesso da movimentação, os valores estão positivos e são decrementados até zero.

A movimentação da platina eletrônica forma uma malha de varredura de pontos que pode variar a distância entre os pontos de acordo com o tamanho de passo escolhido. A Figura 4.4 apresenta um exemplo de malha de varredura de ponto que tem sua origem no canto inferior esquerdo. A partir desse ponto os demais pontos podem ser armazenados de duas maneiras. A primeira é considerar o tamanho de passo e armazenar o valor correspondente em centímetros da localização do ponto. Por exemplo, trabalhando-se com um passo de 0,1 cm (centímetro), após a movimentação de um passo no eixo X tem-se a localização do ponto representado em centímetros pelo vetor (0,1; 0). Dessa maneira trabalha-se com uma escala de medidas reais de coordenadas, já que o valor corresponde exatamente em centímetros. O modelo escolhido para armazenamento salva inicialmente o tamanho do passo e considera a movimentação de cada passo como um valor inteiro que é incrementado de um em um. Dessa maneira, depois de definir-se um tamanho de passo de 0,1 cm e movimentar um passo no eixo X, a representação do vetor é (1,0) e para se ter o valor na escala real é necessário multiplicar o valor da coordenada correspondente pelo tamanho de passo, ou

seja, 1 multiplicando 0,1 cm. Dessa forma, são armazenados apenas valores inteiros de coordenadas.

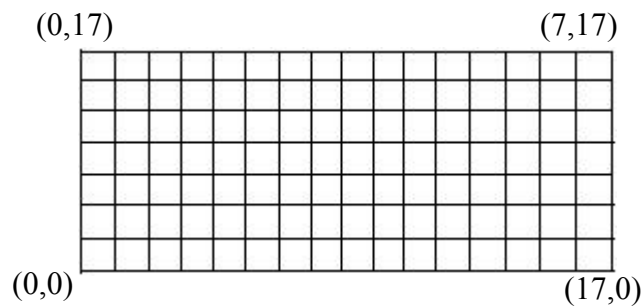


Figura 4.4: Representação de uma malha de varredura da platina eletrônica.

Nesse sistema, é criado um mapa de trajetória de movimentação, tem-se as medidas de distância e de posicionamento feitas de acordo com as coordenadas permitidas pela platina eletrônica, ou seja, um sistema de coordenadas próprias.

A partir desse mapa, é possível associar um ponto determinado no sistema de coordenadas de acordo com a platina eletrônica a um par de coordenadas geográficas e com isso qualquer ponto poderia ser mapeado para coordenadas geográficas. São necessárias diversas informações adicionais para permitir o real mapeamento das coordenadas espaciais tratadas aqui neste trabalho para coordenadas geográficas. Algumas informações são de difícil obtenção, especialmente para amostras retiradas de poços de exploração, como orientação geográfica da amostra no momento da coleta, a inclinação e orientação do poço, entre outras, são essenciais para um posicionamento preciso das feições no reservatório ou coordenadas geográficas. Porém, devido a enorme diferença de escalas entre as informações tratadas neste sistema em relação a posição geográfica destas, a simples presença de feições diagnósticas na amostra de rocha com a possibilidade de associação a sua posição dentro de um reservatório significa um impacto na análise de qualidade de um reservatório.

Antes de iniciar a descrição automatizada com o suporte do sistema, é necessário digitalizar a lâmina de rocha por completo para servir de guia de referência dos pontos quantificados. Essa imagem digitalizada servirá como um mapa que poderá ser re-analisado sempre que necessário.

Convém ressaltar que a lâmina física não é substituída pela lâmina digital, porém muitas informações e dúvidas podem ser resolvidas através da versão digital. Quando for desejável examinar novamente alguma feição em especial descrita na amostra, não será mais necessário que se envie a lâmina física. A lâmina digitalizada permite apresentar o caminho correto percorrido e informações adicionadas geradas por quem a descreveu. É necessário permitir que, nesse processo de digitalização, estejam incorporados parâmetros relevantes a serem considerados para interpretações de outros geólogos em momentos distintos, como meses ou anos após a primeira análise. Mesmo processos de checagem simples de dados da descrição por um segundo petrógrafo exigia anteriormente o envio da lâmina física ou de centenas de fotografias que não permitiam a identificação precisa do ponto onde foram tiradas.

4.1.3 Anotação de imagens e documentação

A anotação de imagens é feita de duas formas, uma fortemente estruturada e outra com relativa liberdade. A anotação estruturada é baseada na ontologia de domínio do sistema *PetroGrapher*, neste caso, o usuário seleciona entre os minerais e feições descritos com o suporte da ontologia, quais registros melhor descrevem a feição identificada. Desta forma, a feição não é apenas quantificada, mas também tem capturada sua posição na lâmina de modo que o petrógrafo possa retornar a essa posição com o auxílio da platina eletrônica. Na anotação não estruturada as informações não são controladas e o usuário pode inserir textos livres ou apontadores (*links*) para outras mídias e associá-los a posições sobre a lâmina escaneada. O usuário da ferramenta tem à sua disposição a possibilidade de manualmente identificar um constituinte ou qualquer outra feição e inserir marcações sobre a imagem para registrá-lo.

A Figura 4.5 apresenta um exemplo de realização de anotação de imagem estruturada utilizando a ontologia petrográfica, buscando a descrição de um constituinte na descrição petrográfica feita pelo usuário.

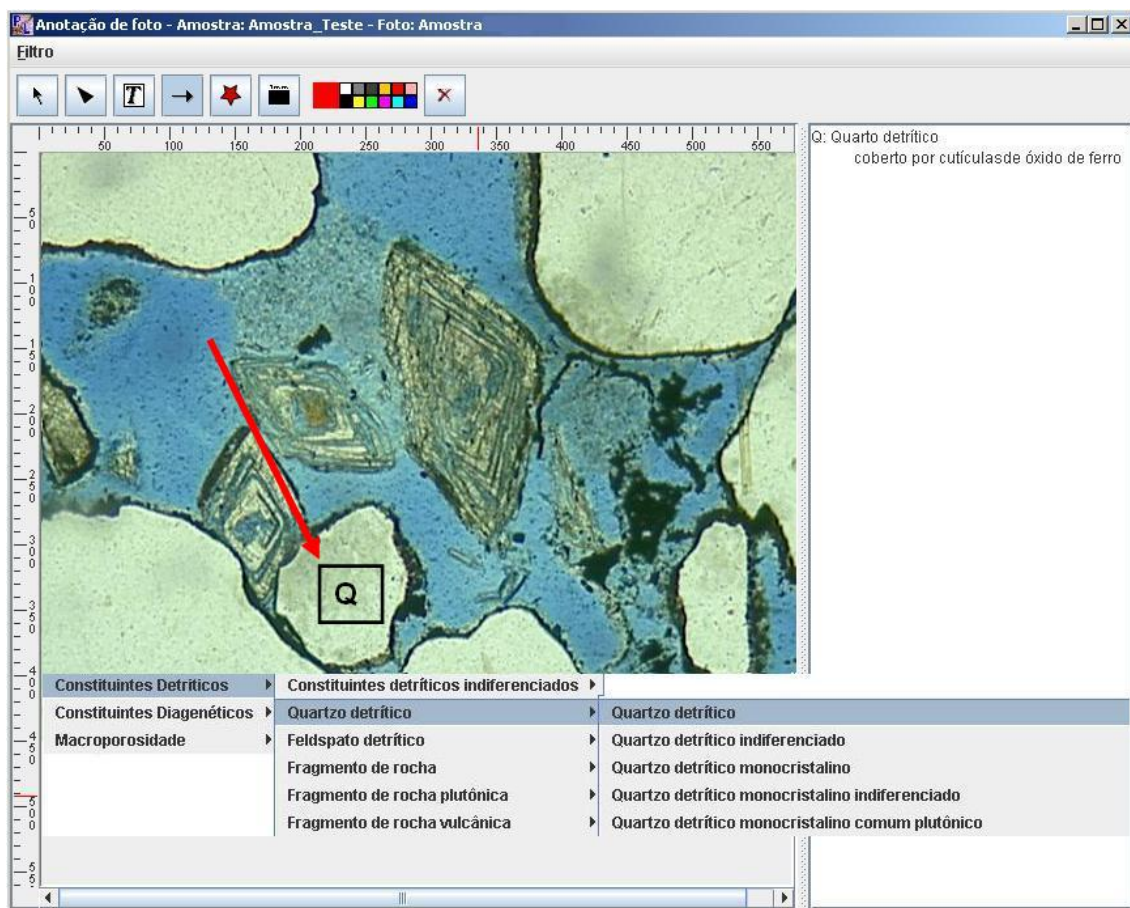


Figura 4.5: Anotação de imagem utilizando a ontologia petrográfica a partir da diferenciação por classes e tipos de constituintes.

O sistema disponibiliza uma maneira prática de criar *hyperlinks* que direcionam para diferentes tipos de mídias. Podem ser apontadores para outras fotografias ou arquivos adicionais. Ícones podem ser adicionados às imagens de forma que, ao ser selecionado, referenciem arquivos que contenham alguma informação relacionada ao que está sendo visualizado. Os *hyperlinks* podem apontar para páginas na Internet, arquivos de áudio, vídeos, textos ou fotografias. O resultado é uma interligação de informações de

diferentes tipos, sejam elas dezenas de fotografias de amostras de rochas, ou fotografias que abordam alguma história do que se está visualizando, algum arquivo de som ou vídeo com algum relato ou informação. A Figura 4.6 apresenta a situação em que os *hyperlinks* A, B e C são colocados sobre a imagem, correspondendo respectivamente a um arquivo de vídeo, um link para uma página na Internet e um arquivo de som. As demais indicações são anotações importantes que caracterizam a amostra descrita e têm sua explicação suprimida na imagem. A utilização de *hyperlinks* é um recurso para exploração de conhecimento existente em diferentes mídias conhecidas pelo petrógrafo, porém não necessariamente armazenadas em arquivo.

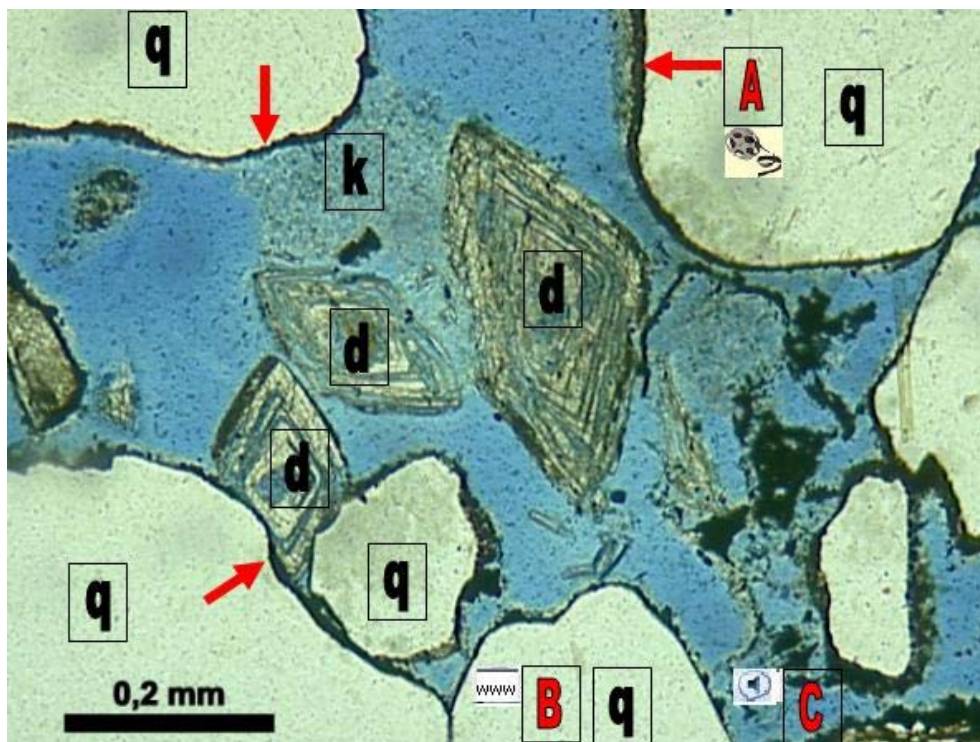


Figura 4.6: Fotografia com *hyperlinks* adicionados.

A versatilidade do modelo de documentação aqui proposto permite não somente agilidade na análise petrográfica, mas também na produção de materiais educacionais para treinamento de novos profissionais. Pode-se montar treinamentos sem que seja necessário levar todas as amostras físicas de rocha que devem ser estudadas. Pode-se modelar todo o processo de análise de uma lâmina em estudo, documentando as feições diagnósticas, e reproduzir toda a análise de forma automática para o estudante, parando e mostrando cada uma das feições. Às feições, é possível ainda associar links com novos materiais para estudo, comentários com a voz do instrutor, textos ou fotos. Esses recursos tornam o sistema uma sofisticada ferramenta de treinamento em Petrografia Sedimentar.

4.2 Processo de quantificação com o *PetroGrapher*

Durante o processo de descrição de rocha existem algumas características visualizadas que são fundamentais para interpretações. Nem todos os objetos existentes nas imagens têm o mesmo grau de relevância para interpretações. São capturadas imagens de diferentes pontos e através de um sistema de anotação de imagens é possível

adicionar informações caracterizando o ponto visualizado. As informações e as imagens são armazenadas para depois serem consultadas para eventuais análises.

A partir de algumas regras e a utilização de ferramentas descritas a seguir, formaliza-se um processo que tem como resultado a apresentação de um mapa virtual com as coordenadas das feições diagnósticas que dão suporte à interpretação da qualidade de reservatórios.

4.2.1 Posicionamento da lâmina sobre o microscópio

O posicionamento da lâmina no microscópio precisa ser correto e sempre o mesmo para uma mesma amostra. Caso isso não ocorra, não será possível recuperar a localização dos pontos analisados quando se deseja reanalisar a amostra. A colocação da lâmina baseia-se na existência de um rótulo em uma das bordas menores da lâmina, onde estão anotados os dados de identificação daquela lâmina. As posições que devem ser utilizadas para se garantir uma navegabilidade com precisão são apresentadas na Figura 4.7. Uma vez colocada a lâmina na platina eletrônica, existe um braço de sustentação para mantê-la fixa na posição.

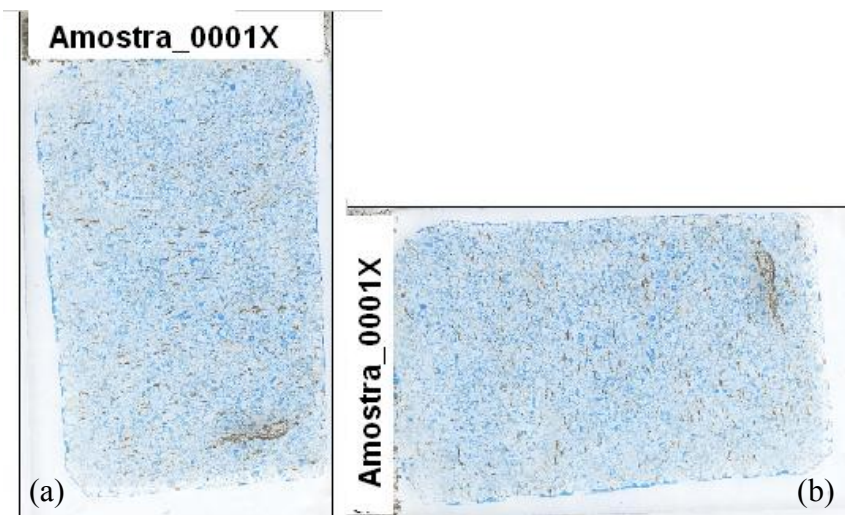


Figura 4.7: Únicas posições válidas para o posicionamento de uma lâmina no microscópio: (a) na vertical, com texto na posição superior e lido da esquerda para direita; (b) na horizontal, com texto à esquerda e lido de baixo para cima.

A Figura 4.7 apresenta primeiramente a lâmina com o posicionamento vertical, ou seja, com o lado maior da lâmina paralelo ao eixo Y da platina e com o rótulo de identificação da amostra na parte superior. Em seguida apresenta a lâmina com o posicionamento horizontal com a escrita de identificação da amostra na parte esquerda. Uma vez definido o posicionamento, o sistema registra a posição em que a lâmina foi colocada.

O problema de padronização do posicionamento da lâmina por software é um problema de difícil solução, pois envolve propriedades da lâmina que nem sempre podem ser garantidas, como a existência de um rótulo ou algum tipo de marca física. A recolocação da lâmina em uma posição de 90 ou 180 graus, distinta da original, pode levar a erros de interpretação graves pelo sistema. Algumas soluções foram levantadas neste trabalho, como uma anotação no rótulo de identificação da amostra que defina o de posicionamento adotado no sistema, por exemplo, apontando qual lado e como foi

colocada. Se a lâmina não contiver rótulo, é necessário criar o rótulo à mão. A Figura 4.8 apresenta a colocação da lâmina sobre o microscópio utilizando a platina eletrônica.

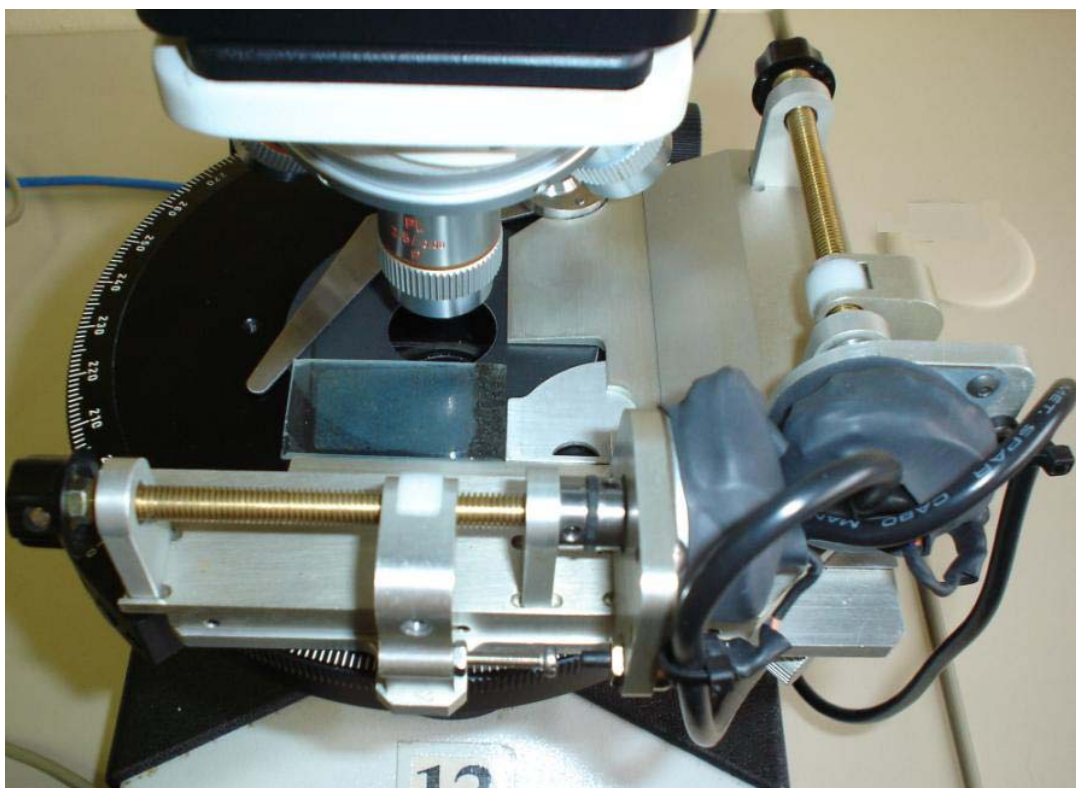


Figura 4.8: Lâmina de amostra de rocha na platina eletrônica sobre o microscópio.

4.2.2 Digitalização de lâmina com ponto de referência.

O processo de descrição petrográfica com o suporte do sistema deste trabalho inicia com a digitalização de uma lâmina de rocha a partir de um *scanner*. Essa imagem digitalizada representa uma visão geral do que é analisado, porém não possui um nível de detalhamento para permitir interpretações a partir dela. Na lâmina física é realizada a marcação de um ponto com uma caneta especial, ou um corte em um canto com um estilete, para que após se ter a imagem digitalizada, se possa adequar o posicionamento com essa referência. Através dessa marca se pode posicionar a platina exatamente nesse ponto que será a referência inicial para determinar que se está percorrendo exatamente por onde a imagem é apresentada. Ajustado o ponto de referência, garante-se os demais pontos que serão percorridos.

Existem alguns problemas devido a necessidade de digitalização da imagem em um *scanner*. Problemas de diferenças nas resoluções das imagens digitalizadas, problema de inclinação da imagem em relação aos eixos do *scanner* e/ou platina. Existe ainda o problema em relação ao ponto principal de referência que caso não seja bem resolvido torna impossível a descrição com precisão.

O problema de se ter resolução diferente pode ser tratado padronizando sempre um único modo de resolução na digitalização. O problema de inclinação em relação ao eixo é ajustado manualmente, para isso, rotaciona-se a imagem. O referenciamento pode ser tratado através de soluções já apresentadas ao longo do texto. A solução simples é se ter uma referência através de um ponto de caneta especial, ou um corte na lâmina, ou ainda

a marcação e identificação de uma feição percebida facilmente e anotada como ponto de referência, porém essa maneira pode ainda não ser ideal para muitos usuários.

Durante a trajetória realizada na descrição de uma lâmina algumas imagens são capturadas a partir de máquinas fotográficas digitais. Essas imagens podem estar em escalas diferentes e por isso é necessário o armazenamento de dados de *zoom* que se trabalha. O processo de virtualização é apresentado na Figura 4.9, um trajeto na imagem geral é armazenado juntamente com fotografias parciais. A digitalização através do *PetroGrapher* contém a imagem digitalizada da lâmina completa com um aumento determinado, porém isso não é suficiente para capturar todas as informações. A lâmina geral digitalizada serve apenas como um guia de localização e representação. Através dessa imagem digitalizada é possível localizar pontos específicos que compreendem os pontos de análise e estes poderão apresentar fotografias com lentes de aumento que possam representar alguma informação útil para interpretações.

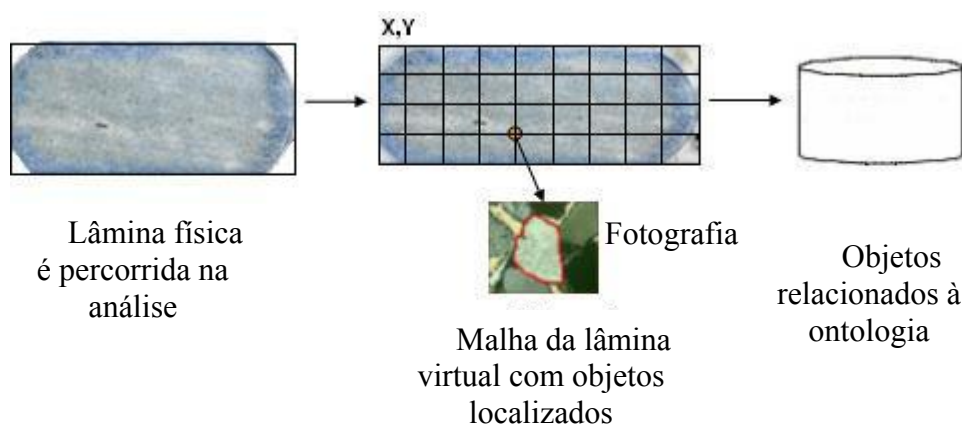


Figura 4.9: Processo de digitalização a partir de uma imagem geral de uma amostra de rocha sobre uma lâmina com a captura de imagens em pontos específicos.

A imagem da lâmina é capturada por completo. Para isso é utilizada uma *máscara de corte* que serve como padrão para a captura da imagem digitalizada no *scanner*. Assim, o que é utilizado na imagem digitalizada é a parte que contém a lâmina de rocha.

O tamanho da máscara possui uma representação em pixels adequada às medidas reais, ou seja, ela captura a área de 45 X 25 milímetros que é inferior a área de varredura da platina eletrônica. A representação de 1 milímetro corresponde a 10 pixels, ou seja, 1 pixel corresponde a 0,1 milímetro percorrido no objeto real. A área de representação da lâmina é apresentada em 450 X 250 pixels, podendo-se facilmente modificar essas propriedades, mas este é um tamanho adequado para tratar a correspondência real com a lâmina digital. Para que a imagem tenha um tamanho adequado é necessário que se ajuste a imagem digitalizada a essas condições. Como a imagem digitalizada é capturada a partir de uma máscara de medidas exatas e conhecidas, o que se trata são as medidas correspondentes. A máscara utilizada tem um tamanho igual ao de uma lâmina padrão, mas pode ser modificada. Como o tamanho da máscara é fixo e conhecido, pode-se fazer a correspondência com a movimentação. A máscara tem medida de 45 x 25 milímetros exatos e com isso sabe-se que o tamanho que deve ser adequado o tamanho da imagem para estar nas proporções de 450 x 250 pixels. A área real percorrida pela platina eletrônica é de zero até 45 milímetros para cada um dos eixos, sendo a parte que interessa a área de 45 milímetros em um eixo e 25 milímetros no

outro, conforme apresentado na Figura 4.10. Na figura é apresentada a área útil a porção que contém a lâmina. A área escurecida na figura não é utilizada.

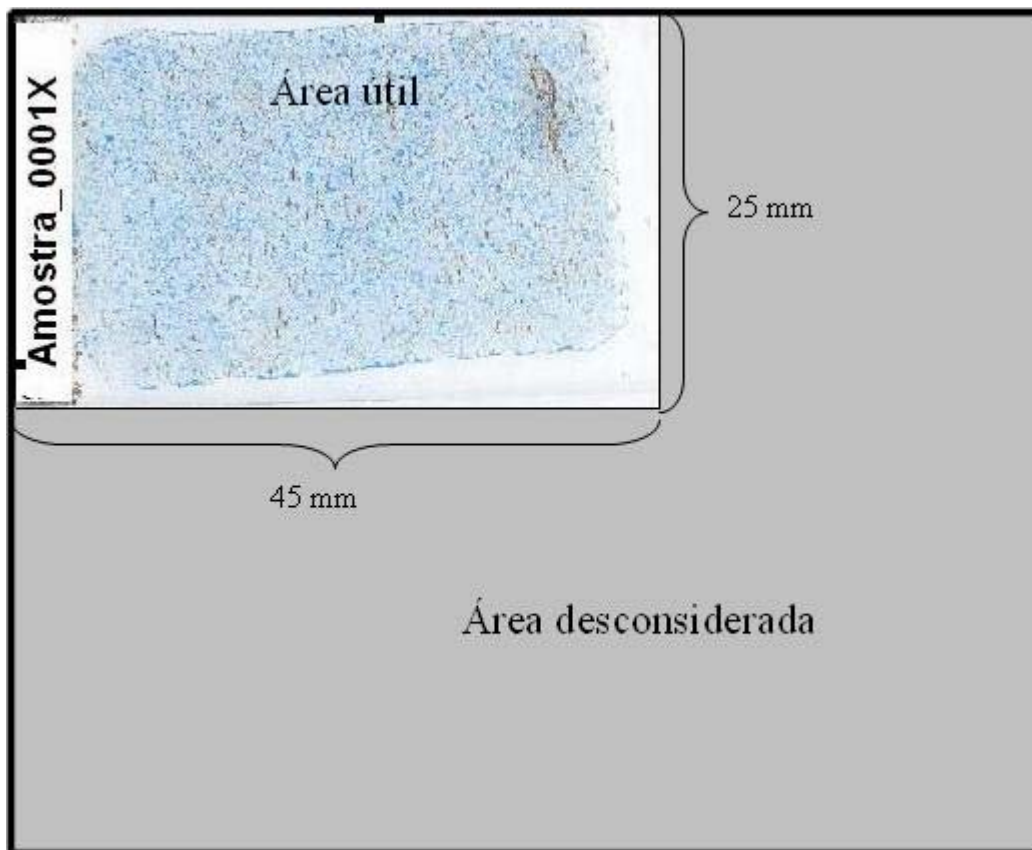


Figura 4.10: Área da lâmina considerada para a máscara após digitalização.

4.2.3 Quantificação e formação do mapa virtual

A finalização da etapa de descrição quantitativa forma um mapa do trajeto de todos os pontos percorridos na lâmina. O resultado da descrição permite associar a um sistema de coordenadas três classes de informações: (1) os pontos da lâmina física, visualizados ao microscópio; (2) a documentação não-estruturada na forma de fotos, links para sites de interesse, arquivos de texto e voz, entre outros; (3) o conhecimento formal e estruturado sobre minerais e seus atributos descritos através da ontologia de domínio. A função principal do sistema aqui proposto é permitir a manipulação e armazenamento integrado destes três tipos de informações, mantendo a correspondência com as coordenadas espaciais. A imagem digitalizada da lâmina de amostra de rocha, portanto, serve como um guia para indicar por onde está ocorrendo a movimentação da platina e mostrar qual ponto o usuário está visualizando na lâmina real com o microscópio. Na Figura 4.11 é apresentado um trajeto parcial de pontos. O trajeto é a marcação de linha escura e os círculos na figura são constituintes identificados.

Junto ao mapa é armazenada, com a informação de tipo de constituinte, a localização no mapa virtual da lâmina que se refere a real posição na lâmina física. Sendo assim, caso sejam percorridos 300 pontos e todos os pontos contabilizados, tem-se um armazenamento das características e localização de cada um dos constituintes. Portanto, caso se tenha 10 pontos contabilizados de um determinado mineral, é possível localizar todos esses 10 minerais. É possível saber sua localização e ordenamento de contagem.

Por exemplo, se for necessário saber onde está o quinto mineral específico (e.g., quartzo detrítico) contabilizado no total de 10 que foram encontrados, isso é possível. Essa localização é apresentada na tela do computador e é possível que a platina se movimente até esse ponto para que o usuário possa visualizar novamente. O ponto identificado e pesquisado é representado na tela como um círculo sobre o trajeto com uma cor escolhida pelo usuário. Sendo assim, os pontos podem ser totalmente representados e ter incorporados a eles fotografias para poder complementar a informação. Alguns pontos representam feições que devem ser melhor documentadas e o usuário pode colocar uma fotografia para conferir posteriormente o que havia visualizado no momento da quantificação. As fotografias existentes no sistema não são de todos os pontos contabilizados, apenas das feições de interesse. Existem diversos pontos que não têm fotografia já que o aspecto de relevância para interpretação pode ser percebido em apenas um. Por exemplo, quando se tem um mineral com uma determinada característica e 50 pontos deles foram contabilizados, não há a necessidade de se ter 50 fotografias, uma para cada um deles, já que o aspecto para interpretação é similar em todos os 50 pontos. A quantidade de fotografias na tarefa de quantificação e descrição é de 6 a 10 por amostra, porém a utilização do sistema demonstrou que um número bem maior de imagens pode ser processado.

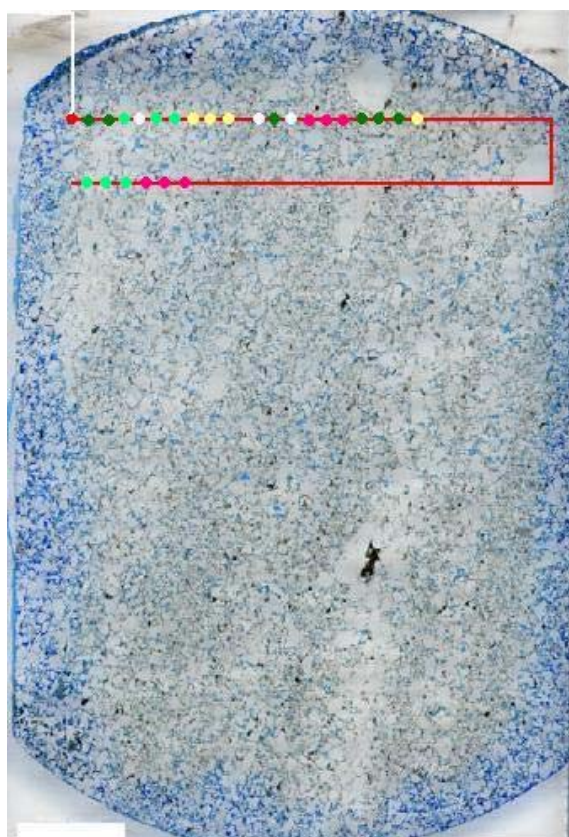


Figura 4.11: Lâmina de amostra de rocha com um trajeto parcial e diversos pontos que representam constituintes.

As fotografias são capturadas com o fim de documentação e não de processamento automático da imagem por computador. As deformações dos sistemas óticos, tanto em relação à geometria concêntrica, precisão, e cor dos minerais não permitem a captura da imagem com a necessária precisão.

Portanto, as fotografias tiradas não são necessariamente com mesmo tamanho de aumento para todas as amostras. A seleção do aumento é feita pelo petrógrafo de acordo com o tamanho da feição a ser retratada. É possível se ter um referenciamento a uma próxima fotografia com um aumento superior de uma área que já era representada através de uma fotografia no trajeto. Ou seja, um ponto que tem um mineral sendo explicitado através de uma fotografia e esta tem um link para interligar com uma próxima imagem. Essa segunda fotografia é uma imagem com um aumento de uma parte da fotografia anterior, já que se trabalhou com uma lente de aumento diferente no microscópio.

Na Figura 4.12 é apresentado um trajeto com apenas a marcação de um ponto na lâmina e ao lado a fotografia desse ponto ampliado.

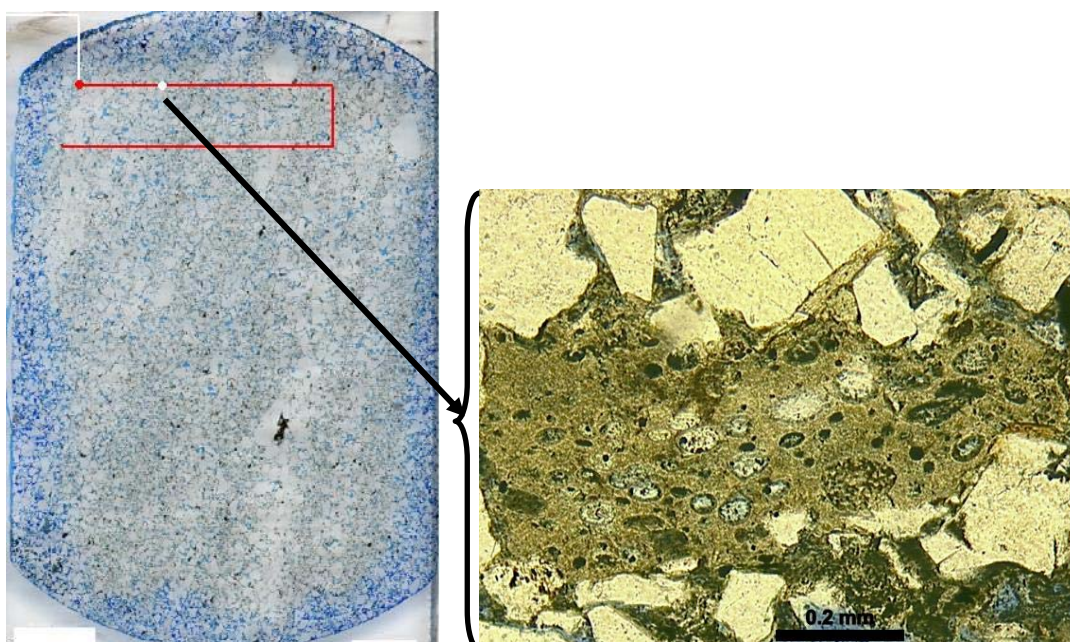


Figura 4.12: Amostra de rocha com a marcação de um ponto que está ampliado à direita.

O conjunto de recursos propostos neste trabalho, que associa um dispositivo físico para localização de pontos descritos sobre uma lâmina física a um módulo de documentação de informações nestes pontos e ainda a uma descrição formal do que está sendo descrito, compõe uma ferramenta poderosa e intuitiva para o tratamento de conhecimento visual. O usuário pode descrever e documentar uma amostra de rocha ao microscópio e, posteriormente, reproduzir todo o processo de descrição, passo a passo, recuperando toda a informação associada a cada ponto de forma extremamente ágil e fácil. Alguns exemplos de operações são:

- Recuperar no banco de dados de descrições a descrição formal de um mineral ou feição e solicitar ao sistema que indique todos os pontos onde ele ocorre, na lâmina. Os pontos são marcados sobre a imagem digitalizada da lâmina completa, como na Figura 4.11. Ao percorrer cada um dos pontos com o mouse, as informações não estruturadas de cada um dos pontos é apresentada em uma segunda janela, como na Figura 4.12.
- Realizar buscas na hierarquia mineral: mostrar todos os quartzos, mostrar todos os quartzos metamórficos; mostrar todos os quartzos metamórficos com extinção

ondulante e, em cada caso, o sistema mostrará os pontos dos grupos minerais respectivos.

- Recuperar a posição física na lâmina: ao selecionar um ponto na imagem, a platina levará o *charriot* até a posição onde aquele ponto ficará centralizado no retículo do microscópio.
- Percorrer aleatoriamente a lâmina com a platina eletrônica, visualizando as feições ao microscópio enquanto, paralelamente, o sistema mostra as informações associadas a cada ponto, tendo documentação estruturada como não-estruturada.
- Selecionar uma das documentações realizadas para aquela amostra, como uma foto, por exemplo, e a platina re-posicionará a lâmina no ponto onde a foto foi capturada.

4.2.4 Descrição resumida do processo de descrição com o suporte do sistema

Para facilitar a compreensão do processo, esta seção apresenta a seqüência de etapas de uma descrição petrográfica realizada com o suporte do sistema *PetroGrapher* e os novos componentes propostos neste trabalho. As etapas até a formação de um mapa virtual de uma lâmina utilizada ao microscópio são:

1. Receber uma lâmina com amostra de rocha e ter nela um ponto de referência, caso esse ponto não exista é necessário fazê-lo de maneira manual, colocando um ponto de caneta ou marca física na lâmina através de um estilete;
2. Colocar a lâmina para ser digitalizada em um *scanner* comum que garanta o alinhamento preciso dos lados da imagem escaneada com os eixos da platina, ou ainda escanear na própria platina eletrônica. Através disso é garantido o posicionamento e pode-se ajustar a rotação da imagem facilmente;
3. Retirar do *scanner* a platina e a lâmina e posicionar no microscópio no ponto mais extremo dos motores, ou seja, o início de cada fuso de rotação dos motores, para definir o início do sistema de coordenadas do mapa virtual. A movimentação pode ser realizada simplesmente ligando-se a platina eletrônica e ela automaticamente recua até o ponto de início.
4. Posicionar a lâmina adequadamente conforme a necessidade, ou seja, com o rótulo de identificação da amostra no topo ou no lado esquerdo, conforme apresentado na Figura 4.7.
5. Iniciar o sistema de quantificação de pontos no *PetroGrapher*.
6. Iniciar a platina eletrônica através do botão Iniciar conforme a Figura 4.13.

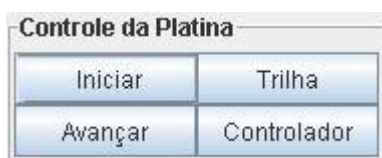


Figura 4.13: Interface de inicialização da platina.

7. Movimentar a platina livremente até o ponto inicial escolhido pelo usuário. Uma vez definido o ponto, clica-se no botão "Iniciar", existente na interface de movimentação da platina eletrônica, para que assim seja registrado e

armazenado tal ponto. A partir daí a quantificação é armazenada mineral a mineral.

8. Fazer a quantificação de constituintes. Para cada mineral visualizado basta clicar na coluna de pontos e será acrescentada uma unidade ao acumulador daquele mineral e, automaticamente, a platina se movimentará para o próximo ponto. O sistema *PetroGrapher* permite ao usuário selecionar nomes de minerais e suas feições a partir da ontologia de domínio e associa essa descrição à posição correspondente na lâmina. A Figura 4.14 apresenta a interface de composição com opção de escolha de feições a partir dos termos da ontologia providos em um *menu*.

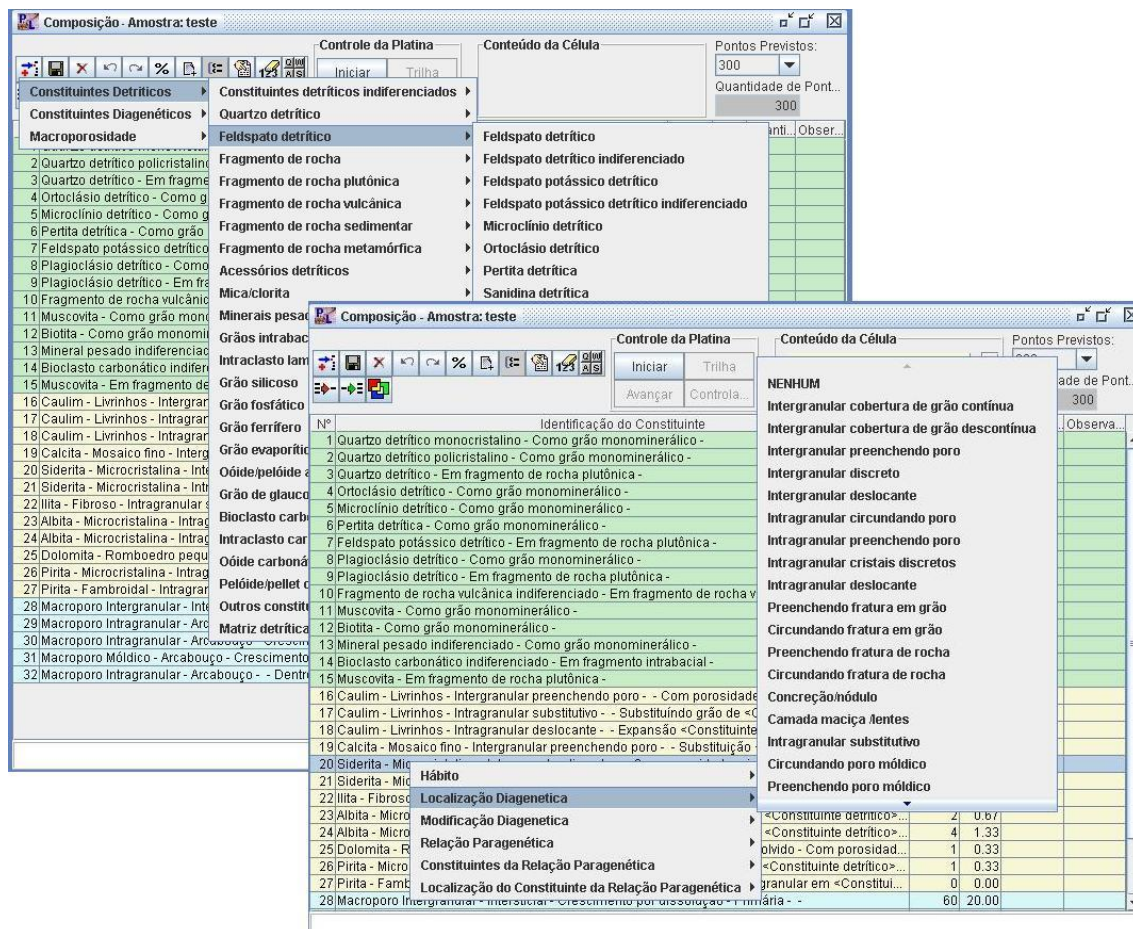


Figura 4.14: Ontologia petrográfica disponibilizada para uso na descrição de sua composição.

9. Cada constituinte inserido tem suas coordenadas e descrição dos minerais e feições armazenadas. Assim é construído o mapa virtual da lâmina que tem a partir de uma figura geral a possibilidade de se encontrar pontos específicos com as documentações capturadas.
10. Documentação dos pontos. Em qualquer momento da quantificação, ou após a mesma, o usuário pode incluir documentação adicional ao ponto sendo descrito. Se houver um sistema de captura adequado (câmera de fotografia acoplada ao microscópio, microfone e sistema de gravação de áudio, editor de texto) a documentação pode ser gerada no momento da descrição e o arquivo produzido

associado à coordenada do ponto. Também podem ser associados links para páginas da Internet.

11. Armazenamento da descrição. Em qualquer momento do processo, o usuário pode salvar as informações capturadas no banco de dados do sistema para consulta.

Uma vez que o mapa virtual tenha sido gerado e a descrição armazenada, a informação pode ser consultada. A consulta pode ser realizada sobre uma descrição completa ou em andamento. Para uma descrição completa o mapa virtual permite a re-análise todos os pontos quantificados. Para uma descrição que esteja em andamento o mapa virtual permite também a recolocação na posição exata onde a tarefa descritiva havia sido interrompida.

Para ocorrer a consulta das informações a partir do mapa virtual, uma série de etapas ocorre repetidamente para cada uma das amostras descritas no sistema. A seguir são descritas as etapas para realizar uma consulta sobre uma descrição com o reexame da lâmina física, a partir do momento em que a informação é armazenada para ser reutilizada posteriormente.

1. É inicializada no sistema uma amostra que se deseja.
2. Na interface de composição inicia-se a platina eletrônica, nesse momento o sistema verifica se a amostra possui dados armazenados de trajeto para determinada amostra. Esses dados são recuperados através da chave de identificação da amostra. Caso exista, o sistema disponibiliza as informações de tamanho de passo e de orientação do posicionamento da lâmina sem permitir modificá-los. Essas informações não podem ser mais modificadas para uma lâmina uma vez que tenha sido escolhido e armazenado, caso contrário se perderia a precisão de movimentação sobre o mapa virtual já que os dados de referência seriam variáveis para uma mesma amostra.
3. É verificada a orientação da lâmina e então ela é posicionada no microscópio de acordo com a orientação armazenada.
4. A interface da platina eletrônica é então apresentada. Através dessa interface movimenta-se a platina até o ponto de referência. Após posicionado sobre este ponto pode ter uma re-análise com precisão.
5. Clicando-se no botão de “caminho completo” provido pela interface de controle da platina, esta irá realizar o caminho exatamente como percorrido durante a descrição. Podendo o usuário parar a qualquer momento para verificar alguma informação.
6. Após percorrer todo o trajeto é possível ainda continuar a descrição. A situação de continuidade para uma determinada descrição é necessária quando uma quantificação não foi realizada por completo, ou seja, se os pontos quantificados não estão de acordo com o necessário para finalizar a descrição. Sendo assim, a tarefa pode ser interrompida a qualquer momento e ter seu reposicionamento correto para continuação da contagem.

Essas etapas são responsáveis por possibilitarem a exploração do conteúdo presente no mapa virtual para qualquer uma das amostras descritas. A consulta sobre os dados armazenados é realizada com auxílio do controlador da platina eletrônica conforme a Figura 4.15, que mostra o trajeto sendo percorrido e os

pontos já quantificados, basta posicionar o mouse em cima de um dos pontos e a fotografia daquele ponto, caso exista, é apresentada ao lado.

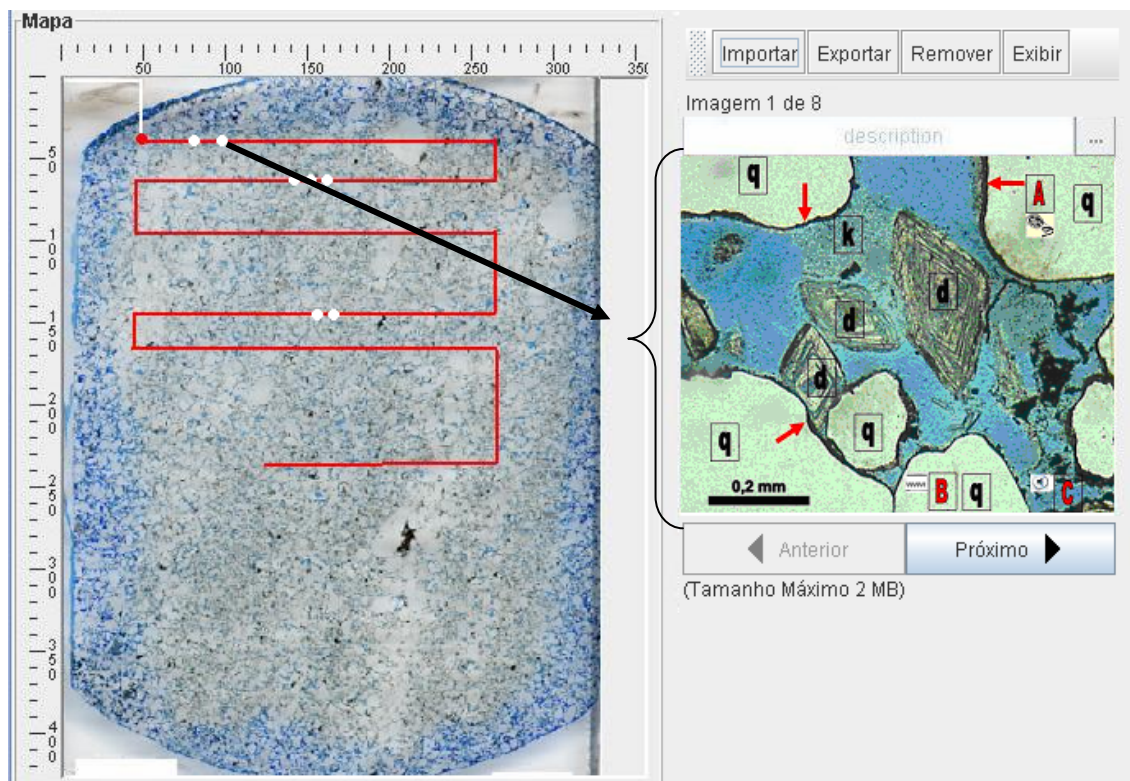


Figura 4.15: Mapa com a localização dos pontos e a fotografia capturada em um dos pontos quando selecionado.

Uma quantificação completa contém um mapa do trajeto realizado sobre a lâmina física durante a descrição. Esse mapa permite localizar minerais ou feições específicas, bem como as informações relacionadas a cada uma das feições a partir de conteúdo provido nas anotações. Com isso, tem-se uma documentação completa da descrição da amostra com possibilidades de ampliação integrada dessas informações em momentos futuros de análise daquele reservatório de petróleo em estudo.

4.2.5 Representação do conhecimento presente em uma lâmina de rocha

Para representar o conhecimento presente em uma lâmina de rocha descrita foi necessário agregar ao uso da anotação de imagens a ontologia de domínio e garantir a mínima perda semântica. Além disso, as ferramentas adicionadas ao *PetroGrapher* com o dispositivo *StageLedge* possibilita identificar relacionamentos implícitos de objetos em imagens e armazenar essa informação. Com isso, melhora-se a possibilidade de interpretações necessárias a partir da visualização.

A documentação de cada amostra de rocha pode ser extensiva dependendo do que o usuário deseja agregar a cada uma das descrições. O principal aspecto é que o usuário não deixe de agregar conhecimento por não ter a possibilidade, por isso são disponibilizadas diferentes maneiras de documentar e assim enriquecer o conteúdo de interpretações. Considerando um modelo que utiliza referenciamento de pontos em imagens que explora técnicas de conhecimento visual a partir de um sistema, possibilita-se uma documentação das etapas de raciocínio realizadas a partir de

interpretações de imagens com a localização exata em que determinada conclusão foi tomada. Se existe alguma dúvida sobre uma parte da informação descrita é possível utilizar o conteúdo armazenado para um entendimento. Caso seja necessário agregar mais informações também é possível e assim uma descrição pode estar sendo continuamente documentada.

A maneira de documentação e a utilização das ferramentas de anotação de imagem, da ontologia e de mapa virtual de pontos quantificados passam por diferentes níveis de representação. Para o usuário do sistema esses níveis não são percebidos, ele apenas armazena informações descritivas das lâminas associadas aos pontos quantificados. Os níveis de representação, considerando que a conexão entre eles é o dado de localização da informação, são apresentados no capítulo a seguir.

5 NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO VISUAL E MAPEAMENTO PARA COORDENADAS ESPACIAIS

Este capítulo apresenta uma validação do processo de identificação de objetos e sua correspondente localização em relação a um sistema de coordenadas. O processo utiliza uma ontologia de domínio para normatização dos termos de uma descrição petrográfica e tabelas de banco de dados para armazenamento de fotografias, informações adicionadas a elas e o histórico de localização de cada objeto identificado. Para possibilitar o funcionamento de todos esses recursos foi necessário passar por diferentes níveis de representação dos objetos.

5.1 Níveis de representação

Inicialmente, o processo inicia com o objeto físico, que é a lâmina da rocha. A partir dela, é realizada a análise no microscópio e são obtidas informações visuais. Durante a análise, também são capturadas fotografias que serão a base para as informações adicionais. Nessas imagens os objetos são identificados através de uma nomenclatura presente na ontologia. Cada objeto tem suas coordenadas armazenadas, mantendo uma interligação entre o objeto identificado na realidade e seu posicionamento na lâmina virtual.

Para se chegar ao nível da ontologia de domínio são identificados três níveis. O primeiro é chamado de nível dos *objetos físicos*, ou seja, composto por tudo que compreende a formação do mapa virtual (fotografia, *strings*, as coordenadas de localização no mapa virtual, arquivos de áudio, vídeo e texto). No segundo nível estão os *objetos de anotação* que são as marcações para indicação do que o usuário está descrevendo sobre a amostra de rocha (rótulo, seta, *hyperlink*, polígono). Esses objetos identificados possuem termos correspondentes na ontologia e assim se chega até o terceiro nível onde está a *ontologia de domínio*, que compreende toda a nomenclatura específica para petrografia. Os três níveis são interligados através de um vetor de representação espacial de localização da fotografia e objetos nela identificados. Dessa forma, tem-se informações desde o nível de objetos físicos até o nível ontológico com a informação de localização. A Figura 5.1 apresenta a interligação entre todos os níveis através da coordenada de localização do objeto.



Figura 5.1: Níveis de representação utilizados no processo do mapa virtual da lâmina.

5.1.1 Objetos físicos

Neste primeiro nível são tratados todos os objetos que compõem o mapa virtual complementado através de fotografias capturadas em pontos específicos do objeto real. No processo, são utilizados diversos complementos de informação sobre o mapa virtual para documentar extensivamente a descrição realizada. A imagem digitalizada sem nenhuma anotação muitas vezes se torna passível de interpretações ambíguas. Sendo assim, a anotação de imagem a partir de uma análise feita de um especialista representa um nível semântico superior ao da própria imagem.

Os objetos físicos presentes nesse nível são:

- as imagens;
- *strings* utilizados para *hyperlinks* ou para observações sobre a amostra;
- arquivos de áudio;
- arquivos de vídeo;
- arquivos de texto;
- coordenadas de localização de cada informação sobre o mapa virtual.

A Figura 5.2 mostra o relacionamento entre os objetos, onde uma amostra de rocha é composta por um mapa virtual, o qual é composto por fotografias, textos que podem ser explicações da descrição ou ainda posteriormente identificados como *hyperlink*, arquivos de áudio, de vídeo e de texto. A representação desse nível é apresentada na Figura 5.3.

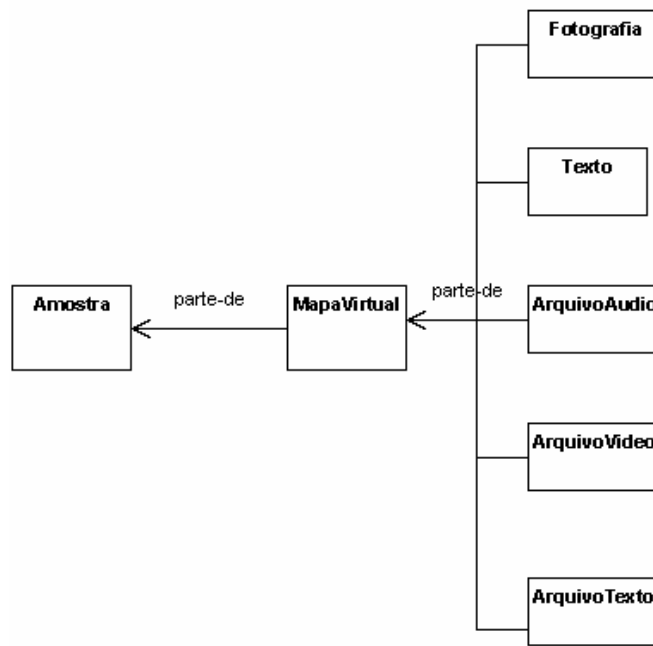


Figura 5.2: Objetos físicos relacionados com o mapa virtual.

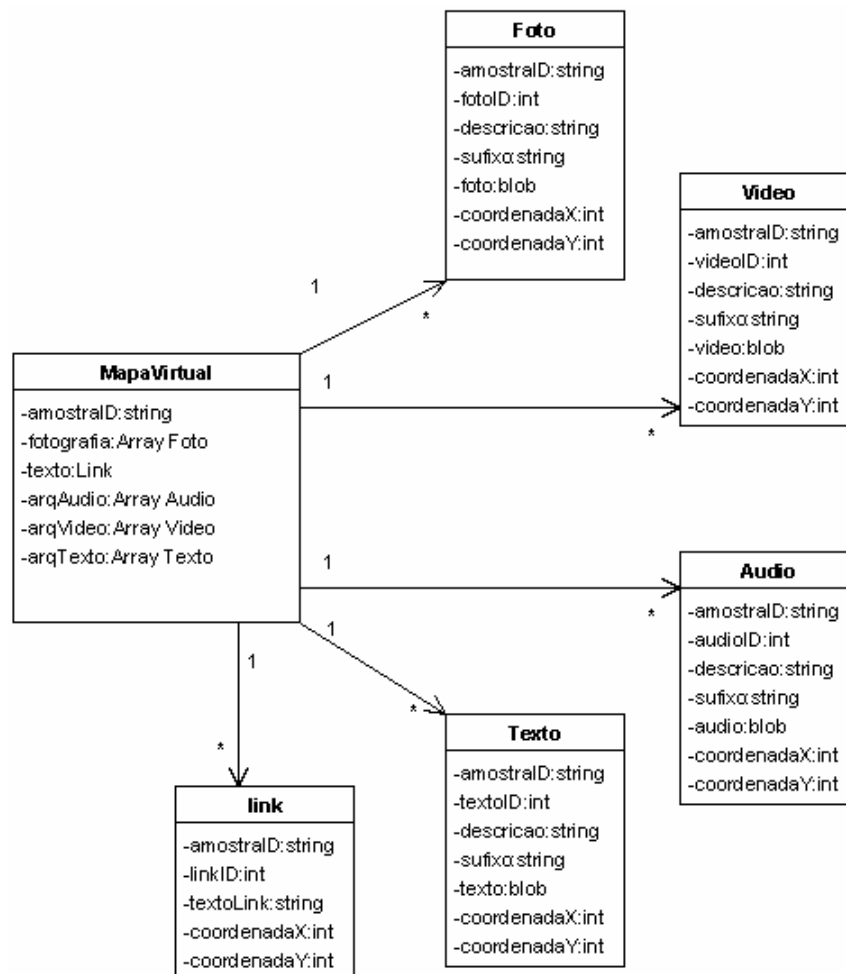


Figura 5.3: Modelo do nível dos objetos físicos.

Os objetos do tipo imagem são arquivos no formato JPEG (Joint Photographic Experts Group), GIF (Graphics Interchange Format) ou TIFF (Tagged Image File Format) que são armazenados no banco de dados. Sendo assim uma amostra pode conter diversas fotografias e outros objetos. O formato de armazenamento das imagens é um tipo multimídia que suporta grande quantidade de informação, no caso o utilizado para o banco de dados em questão é do tipo BLOB. O tamanho de cada imagem armazenada permitido pelo sistema é de até dois megabytes. A quantidade de recursos como arquivos e textos a serem utilizados é ilimitada, porém quanto maior o número de arquivos adicionados a determinada amostra, a utilização para consulta dessa amostra vai tendo um desempenho inferior quanto a manipulação de tais dados no sistema. Os textos informativos e os *hyperlinks* são armazenados como *strings*.

Os arquivos de áudio, vídeo e texto são armazenados através de um tipo multimídia disponibilizado pelos bancos de dados, no caso dos bancos de dados utilizados – Oracle 9i e MySQL 5.0 - foi o tipo BLOB.

As coordenadas de localização de cada informação adicionada ao mapa são armazenadas como valores inteiros para cada um que representam a coordenada em cada um dos eixos de movimentação da platina eletrônica.

Os arquivos adicionados a cada uma das amostras são carregados sob demanda na utilização do sistema. Ao carregar uma amostra inicialmente são carregados apenas os *hyperlinks* para os arquivos. Os *hyperlinks* estão presentes sobre a imagem e automaticamente o sistema carrega-os no momento da inicialização de uma amostra. Os arquivos somente serão carregados em resposta a uma solicitação do usuário.

5.1.2 Objeto de anotação

Neste nível, os objetos significativos na imagem são identificados por meio de marcadores e informações sobre as imagens capturadas. Esse nível existe para possibilitar a identificação de feições através de diferentes objetos que são incorporados às imagens para servirem de documentação das amostras de rocha. Nessa camada, as feições relevantes são anotadas com um nível semântico mais próximo do conhecimento do usuário. O nível de objetos de anotação é composto por diferentes objetos a serem utilizados para documentar o objeto físico, são eles:

- **Rótulo:** é um *string* utilizado para identificação de alguma característica presente na imagem.
- **Hyperlink:** é um *string* utilizado como apontador para páginas WEB, para arquivos de som, imagem, vídeo ou texto presentes no banco de dados. O sistema operacional é responsável por permitir que determinado *link* armazenado como texto carregue o arquivo ou página WEB especificado.
- **Polígono (cortorno):** polígono de contorno representado na imagem para indicar alguma observação, pode ser um contorno sobre feição.
- **Seta:** seta indicativa sobre a imagem para explicitar uma localização.

Esses objetos são armazenados diferenciando-se através de um identificador para cada um. O diagrama de classes desse nível é apresentado na Figura 5.4. Os objetos de anotação são todos sobrepostos às imagens, identificando de qual amostra o objeto faz parte e a qual foto se refere. Cada objeto de identificação possui um identificador único no mapa virtual.

5.1.3 Ontologia de domínio

O último nível é a representação através da ontologia do domínio da Petrografia Sedimentar. Os objetos identificados possuem uma representação na ontologia de domínio disponibilizada pelo sistema, sendo assim, a representação do conhecimento naquela imagem possui um termo correspondente para ser utilizado e armazenado. A ontologia está presente nos módulos de descrição do sistema *PetroGrapher* (identificação, macroscopia, microscopia, composição detrítica, composição diagenética e composição de macroporosidade) e é utilizada para indicar as feições identificadas em um padrão determinado. Essa nomenclatura é composta por centenas de termos conforme Abel (2001). Por exemplo, o parâmetro de “Localização” de um mineral, tem-se as seguintes possibilidades, considerando um constituinte detrítico:

- “Em fragmento de rocha metamórfica”
- ou “Em fragmento de rocha plutônica”
- ou “Em fragmento de rocha sedimentar”
- ou “Em fragmento de rocha vulcânica”
- ou “Em fragmento intrabacial”
- ou “Como Grão monominerálico”.

Os termos são disponibilizados no sistema no lugar adequado para cada um dos atributos na descrição da amostra. A partir dos termos possíveis para determinado parâmetro, o petrógrafo escolhe o que está visualizando.

5.2 Interligando os três níveis

Os três níveis estão interligados através de identificadores de objetos e arquivos e através das coordenadas de cada objeto no mapa virtual. O mapa virtual tem como guia uma figura digitalizada da lâmina de amostra de rocha completa. A partir dessa figura são feitas observações e adição de arquivos para documentação.

Para o usuário do sistema o que ocorre no processo de criação do mapa virtual é a identificação de uma feição escolhida a partir da nomenclatura provida pelo sistema em um determinado local da amostra. Essa operação é realizada pelo sistema através da utilização dos três níveis de representação que possibilitam unir todo o conhecimento presente na lâmina. A passagem entre os níveis inicia através do uso do módulo de composição do sistema que disponibiliza os termos da ontologia para descrever uma feição importante e que o usuário necessita documentar. O termo escolhido representa aquilo que foi visualizado na amostra e o usuário utilizou algum objeto de anotação que faz parte da representação do segundo nível. Esses objetos de anotação adicionados à imagem podem ser um rótulo, um polígono, um *hyperlink*, uma seta. Esses objetos quando utilizados a partir da interface de anotação de imagem têm um identificador para cada tipo e dessa forma são diferenciados para seu armazenamento. Cada objeto adicionado contém a referência a qual amostra e a qual fotografia pertence, além da localização das coordenadas na imagem. Esses objetos de anotação estão posicionados sobre os objetos físicos que formam o mapa virtual. Chega-se assim no primeiro nível de representação em que se tem a fotografia, os arquivos, os *strings* e as coordenadas de localização.

Os objetos da ontologia de domínio são escolhidos a partir das interfaces de descrição do sistema que disponibiliza os constituintes e características deles. Esses objetos são textos pré-existentes e quando selecionados são indicados na fotografia e tem sua coordenada de inserção armazenada justamente com a feição.

5.3 Visão geral de comunicação entre os módulos

No contexto do sistema *PetroGrapher*, foram utilizados três módulos no desenvolvimento. O primeiro módulo é o de composição de constituintes e feições que é a interface disponibilizada para o usuário fazer toda a quantificação e qualificação da descrição. O segundo módulo é o de controle da *StageLedge*, responsável por manipular os dados de localização. O terceiro módulo em que se trabalhou foi o de anotação de imagens, o qual disponibiliza todas os objetos de anotação descritos. Os três módulos estão interligados para possibilitar que cada informação descrita possa ser localizada tanto no mapa virtual quanto nas fotografias inseridas. A composição, responsável pela quantificação e qualificação, comunica-se com a *StageLedge* a cada inserção de ponto indicando a necessidade de movimentação para um próximo ponto. Essa informação de localização é posteriormente armazenada. A composição disponibiliza a possibilidade de inserção de fotografias que passam por um processo de anotação e documentação. Dessa forma são enviados dados das imagens e informações a mais para documentação. O modelo de comunicação entre os módulos é representado na Figura 5.6.

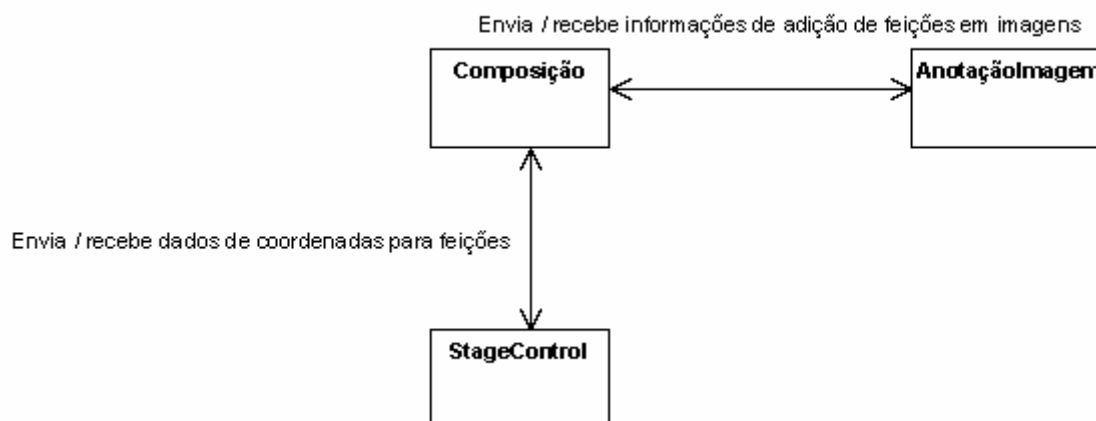


Figura 5.6: Modelo de comunicação entre os módulos utilizados para geração do mapa virtual.

5.4 Implementação do módulo de anotação de imagem

O módulo de anotação de imagem foi desenvolvido anteriormente no projeto *PetroGrapher*. A partir dele foram feitas algumas adições de funções para suportar a interligação com a ontologia e com o uso de *hyperlinks* para documentos ou arquivos. O módulo de anotação de imagens trabalha com dois níveis de armazenamento. Sempre é armazenada a imagem original para que se possa retroceder alguma anotação ou ainda refazer toda a anotação. O outro nível considera objetos adicionados à imagem e dessa forma salva em formato de uma nova imagem.

A anotação de imagens é feita através de indicações na imagem, sejam flechas, polígonos de contorno, rótulos ou *hyperlinks*. Os objetos identificados são armazenados no banco de dados quanto a sua forma e localização na tela. A localização na tela tem um correspondente quanto à localização no sistema de coordenadas.

Os objetos são representados no modelo de dados como entidades com os seguintes atributos:

- Identificação da amostra: chave da tabela para indicar a que amostra pertence determinado objeto;
- Identificador da fotografia: para identificar a qual fotografia da amostra o objeto pertence;
- Identificador do objeto: para diferenciar o tipo de objeto, se é uma linha, uma curva, um rótulo;
- Título do objeto: um nome para o objeto que será apresentado na interface;
- Posição: posição dos objetos na tela;
- Cor do objeto: coloração de determinado objeto em RGB.

As marcações nas imagens são responsáveis por permitirem uma agregação de conhecimento explícito quando este muitas vezes é imperceptível para muitos observadores.

5.5 Implementação do módulo de controle da *StageLedge*

O módulo controlador da platina foi iniciado pelo autor em Victoreti (2004). O presente trabalho implementou a associação das imagens com o seu referenciamento espacial. Anteriormente era apenas tratado o movimento, independente de conteúdo agregado a imagem e não era tratado o armazenamento de informações no local do ponto contabilizado. A implementação agora possui a adição de fotografias no exato ponto de análise de um determinado ponto.

Os dados do trajeto percorrido e os dados de cada constituinte quantificado são adicionados no armazenamento. Portanto, cada constituinte quantificado possui um identificador de localização no formato (X,Y), ou seja, a posição em cada um dos eixos, considerando o ponto inicial (0,0).

A informação de trajetória é armazenada através dos pontos percorridos no eixo X e todos os pontos percorridos no eixo Y. Assim, existem dois vetores de informações que compreendem a trajetória. Os valores tratados são sempre positivos devido ao posicionamento do ponto (0,0) em uma extremidade, mas variações poderiam ser utilizadas. Poderia definir-se o ponto (0,0) exatamente no centro de uma lâmina e assim tratarmos quatro quadrantes possíveis. No trabalho pesquisado, a descrição de uma lâmina de rocha inicia sempre por uma das extremidades e optou-se por considerar o ponto (0,0) em uma extremidade. Como o tamanho de passo não é fixo para todas as amostras, a localização dos pontos a serem visitados também varia. Por isso, uma vez definido um passo o processo de descrição de uma lâmina utiliza o mesmo até o final do processo.

O modelo de dados para a trajetória da *StageLedge* para cada amostra é composto pelos seguintes atributos:

- Identificação da amostra: para indicar a que amostra relaciona-se determinado trajeto.
- Ponto inicial de quantificação no eixo X e no eixo Y: onde se inicia a quantificação não necessariamente é o primeiro ponto a ser percorrido na platina, pois o que ocorre é que através de uma navegação livre, sem contagem de pontos, o usuário movimenta a platina eletrônica até o ponto de início de quantificação escolhendo uma trilha que considera adequada para a contagem.
- Maior lado da lâmina: é armazenado para posicionar a lâmina sempre da mesma maneira uma vez que já foi analisada, ou seja, da próxima vez que uma mesma lâmina já descrita necessitar estar presente no sistema o usuário precisa conferir qual o seu posicionamento e colocar da mesma maneira. Se o eixo X for o maior lado então a lâmina fica posicionada horizontalmente, caso seja o Y então será verticalmente.
- Tamanho do passo: é a informação que define qual o passo de movimentação dos motores da platina eletrônica e com isso uma vez definido a platina sempre se movimentará com tal passo.
- Total de pontos: são os pontos totais que foram descritos.
- Pontos esperados: é a informação que servirá para referenciar a quantidade de pontos a serem descritos.
- Trajeto X e trajeto Y: é o dado de trajeto por completo para os dois eixos.

5.6 Apresentação dos resultados

Para se obter os resultados de análise sobre as descrições utilizando o processo elaborado por esse trabalho foram feitos testes sobre as descrições de composição através da *StageLedge* juntamente com os módulos agregados ao *PetroGrapher* para permitirem a identificação de feições e armazenamento dessas informações com posicionamento real em relação a lâmina física. Esses testes foram realizados com usuários petrógrafos com o intuito de se avaliar as diferenças na utilização do processo padronizado de descrição em relação ao modelo anterior sem utilização de sistema específico. A partir das avaliações, foram detectadas diferenças nos modelos de descrição que resultam diretamente na qualidade de interpretação gerada e esse é o principal foco da análise sobre a potencialidade do sistema.

Os módulos adicionados ao *PetroGrapher*, juntamente com a platina eletrônica, foram testados por um grupo de seis geólogos do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul que possuem experiência com a descrição manual e sem utilização de sistema específico de petrografia e que recentemente migraram para utilização do *PetroGrapher*. A especialização dos geólogos é variável, sendo quatro deles graduados e dois deles doutores em geologia. Os testes foram realizados em suas próprias estações de trabalho que satisfazem os requisitos para utilização do sistema *PetroGrapher*. As estações de trabalho são compostas por um computador tanto com o sistema *PetroGrapher* quanto o programa genérico de descrição utilizado anteriormente (no caso a planilha eletrônica Microsoft Excel XP), um microscópio e um dispositivo *StageLedge*. As estações de trabalho utilizadas não foram completamente iguais, sendo que a diferença está presente nos computadores utilizados.

Os computadores utilizados possuíam processadores a partir de Intel Pentium III 1 GHz até Intel Pentium IV 3.0 GHz e memória RAM de 256Mb e 512Mb. Antes da utilização do sistema *PetroGrapher* os usuários já trabalhavam com esses equipamentos. Os índices apresentados são em porcentagem, uma vez que as descrições realizadas em microcomputadores com melhor desempenho ocorrem em menor tempo que as descrições realizadas nos de inferior desempenho. As condições de trabalho foram diferentes das habituais, já que os testes foram feitos pensando no mínimo de interrupção para a tarefa de descrição ocorrer e para isso o uso de telefones, programas de mensagens instantâneas e conversas de trabalho foram suspensos durante os testes.

Todos os usuários foram treinados para a utilização do sistema e do processo de descrição. Esse treinamento ocorreu em etapas. Antes mesmo da utilização das novas ferramentas para o *PetroGrapher*, tais usuários já utilizavam o sistema. Sendo assim, ocorreu apenas o treinamento das inovações apresentadas nesse trabalho. O tempo de duração desse treinamento realizado para cada três geólogos foi de dez horas divididas em dois dias, utilizando cada usuário uma estação de trabalho. Os objetivos dos testes realizados foram: (a) medir o tempo de descrição, (b) detectar as diferenças entre descrições tradicionais comparadas com as descrições realizadas a partir do processo apresentado nesse trabalho, (c) avaliar a quantidade de informação descrita, (d) analisar as diferenças de interpretações de resultados e diferenças de exploração de uma descrição posteriormente à sua descrição. Cada participante recebeu seis diferentes amostras de rocha para serem descritas. Cada amostra foi descrita por quatro geólogos, dois utilizando o sistema *PetroGrapher* com os módulos desenvolvidos nesse trabalho e com a platina eletrônica, e dois utilizando uma planilha de texto e uma platina mecânica conforme as descrições tradicionais.

Durante os testes, foi percebido que os usuários utilizando o sistema *PetroGrapher* realizavam descrições padronizadas já que o vocabulário utilizado é o mesmo para uma determinada feição, enquanto que ao descreverem livremente não se tem uma uniformidade na descrição. Posteriormente à etapa de descrição, foi possível a utilização de recursos de consultas anteriormente não existentes nas descrições tradicionais, como a análise de sua própria descrição através da reanálise do trajeto percorrido e identificação dos constituintes e feições. A principal dificuldade de adaptação no processo foi a utilização da *StageLedge*. Os geólogos já estavam acostumados a utilizar um outro equipamento e isso levou a necessidade de um treinamento de uso específico e de manuseio detalhado. Tal treinamento comprovou as vantagens de utilização da *StageLedge*, que permite reanálises precisas quanto a localização de pontos.

Quanto ao tempo médio necessário para uma descrição petrográfica de uma lâmina de rocha (sem considerar anotação das imagens) verificou-se uma redução de 25% quando utilizada a platina eletrônica e a ontologia disponibilizada pelo sistema, em comparação com o uso do processo tradicional. A automatização do movimento é significativa para que o usuário não precise se preocupar com a movimentação da platina. Uma descrição de amostra de rocha completa é um processo que necessita em torno de quatro horas e, portanto, a redução de tempo foi bastante significativa.

Com relação às diferenças nas descrições e interpretações, as descrições de acordo com o processo possuem uma maior quantidade de palavras significativas e tornam a descrição mais completa. Somente termos objetivos e relevantes à descrição são utilizados pelo sistema, não havendo textos subjetivos. Ocorreu também uma padronização das descrições com uma documentação sem perda semântica das descrições das feições, o que possibilitou interpretações de melhor qualidade. Quanto

maior a quantidade de informação significativa e conteúdo de documentação, melhores são as análises de interpretações.

A principal diferença reconhecida pelos usuários entre utilizar ou não o processo com as ferramentas aqui descritas foi a exploração da descrição posteriormente a sua realização. Ocorre um acúmulo de conhecimento que não é perdida no momento da descrição, já que a identificação de objetos permite agregar o que se deseja para que seja bem documentada. Através do processo apresentado de descrição, o histórico das informações descritas e a localização de onde foi percebida determinada característica permitem uma reavaliação com exatidão que não era possível anteriormente. Também ficou possível realizar consultas em diferentes locais de um conteúdo com grande valor de conhecimento e possibilitar o reuso da informação que é disponibilizada a partir de um banco de dados.

A ferramenta desenvolvida nesse trabalho permite que seja necessário um investimento menor na formação do capital intelectual, uma vez que realiza a total gestão da informação petrográfica, padronizando a nomenclatura e formato das descrições, bem como dos procedimentos de aquisição de dados realizados pela empresa. O conteúdo descrito é específico da petrografia e assim os usuários já utilizam nomenclatura específica e processamento de informações agregadas. Anteriormente a utilização desse processo, os geólogos capazes de realizar uma descrição e interpretação precisavam de um grau de especialização superior e de recursos financeiros também superiores para as descrições de treinamento e conteúdo explicativo. O conteúdo agregado permite que muitas consultas sejam realizadas por diferentes usuários que podem aprender determinadas características na descrição, a partir do que está documentado. As ferramentas incorporadas ao *PetroGrapher* também permitem a cada petrógrafo ou equipe de petrógrafos gerar um conjunto de informações que ficam compartilhadas na base de dados. Estes dados, informações e conhecimentos estruturados, gerados durante o processo de exploração, acabam eficientemente coletados, organizados e armazenados para posterior compartilhamento com outras aplicações que os combine com novos dados. É possível utilizar estes dados para fazer correlações entre dados petrográficos e perfis de poços, perfis sísmicos e descrições de testemunhos. Tais características são essenciais para uma ferramenta utilizada para caracterização avançada de reservatórios.

Apesar de ter sido feita uma amostragem pequena, os resultados mostraram-se coerentes em outros momentos de utilização do sistema. A partir da utilização do sistema *PetroGrapher* em duas unidades da Petrobras que já utilizam o módulo de controle de movimentação automático a partir da *StageLedge*, porém sem a geração do mapa virtual, comprovou-se a diminuição do tempo de descrição e a melhor qualidade do dado descrito na composição. Também a partir de conversas informações dos mesmos geólogos que realizaram os testes, a demonstração das vantagens a partir do uso das ferramentas disponibilizadas comprovam que os ganhos são significativos para o processo de descrição.

A partir dos testes realizados, juntamente com entrevistas com os usuários do sistema e estudo comparativo de diferenças entre descrições de amostras, foram analisados alguns atributos quanto ao desempenho e possibilidade de exploração de conteúdo. A Tabela 5.1 mostra a comparação da quantificação e qualificação de minerais com e sem o uso das ferramentas do processo descrito no trabalho.

Tabela 5.1: Comparação utilizando as novas ferramentas no sistema em relação ao método de descrição tradicional.

Atributo analisado	Com uso da quantificação e anotação do <i>PetroGrapher</i> e com a <i>StageLedge</i> (caso 1).	Sem uso do <i>PetroGrapher</i> e sem a <i>StageLedge</i> (caso 2)
Utilização da nomenclatura mineral	Rápida	Lenta
Sistematização no processo de descrição	Simples	Complexa
Distribuição da informação	Simples	Complexa
Formato de descrição	Padronizado	Subjetivo
Nível de detalhamento da descrição	Especificado pelo sistema e definido pelo usuário	Apenas definido pelo usuário
Reaproveitamento do trajeto da descrição	É possível	Não é possível
Reposicionamento em determinado ponto pesquisado	É possível	Não é possível
Mapa geral de análise	Sim	Não

A partir da tabela foi verificado que a utilização da nomenclatura mineral é rápida de ser usada para o caso 1, ou seja, utilizando o *PetroGrapher* e a *StageLedge*, já que os termos já estão descritos no sistema e basta realizar sua escolha para determinado constituinte ou feição que o petrógrafo está visualizando. Para o caso 2, sem o *PetroGrapher* e sem a *StageLedge*, a utilização da nomenclatura é lenta, já que o petrógrafo precisa escrever completamente o que está visualizando, sem a possibilidade de escolha de um domínio pré-fixado. A nomenclatura é um importante fator para a qualidade de uma descrição, porém, se não descrita completamente, compromete a qualidade das interpretações. A partir dos testes percebeu-se que quando realizada a descrição no caso 2, o petrógrafo não se preocupava com a nomenclatura estar correta ou não para determinado mineral, já que ele escolhia de um domínio fixo. Porém, no caso 2, o petrógrafo precisava parar e rever a anotação realizada, isso demandou um tempo maior para a descrição de cada constituinte ou feição.

Quanto à sistematização do processo de descrição, no caso 1 é simples, já que o fluxo de trabalho é pré-determinado e padronizado. No caso 1, a composição de uma amostra de rocha é feita sistematicamente visualizando no microscópio e clicando no mouse a escolha do constituinte ou feição. Não é necessária a movimentação manual da platina e dessa forma a atenção do usuário é mantida sempre na visualização da amostra. No caso 2, uma sistematização é complexa, já que precisa descrever cada vez sem ter um processo padronizado para o fluxo da informação, além de uma movimentação manual da platina sobre o microscópio. Para esse caso um determinado usuário pode seguir uma maneira diferente de descrição de um outro, não havendo um fluxo padronizado.

A distribuição da informação para o caso 1 é simples e automática, já que esta está disponível em uma base de dados centralizada a qual os petrógrafos podem consultar ou em determinadas situações alterar. Para o caso 2, a distribuição é complexa porque se trabalha com arquivos que são compartilhados entre os usuários sem ter uma regra de consulta e localização das informações.

Quanto ao formato de descrição, no caso 1 é padronizado. O sistema gera sempre o mesmo padrão de descrição automaticamente, independente de quem descreveu. Para o caso 2 é subjetivo, pois depende de quem descreveu. Muitas vezes o formato de descrição gerado a partir do caso 2 é inutilizado por outro petrógrafo.

O nível de detalhamento da descrição é especificado pelo sistema e definido pelo usuário no caso 1. Isso ocorre porque o sistema permite que os detalhes sejam colocados pelo usuário, porém é ele que definirá até que nível irá detalhar. No caso 2 não existe uma especificação sobre o grau de detalhamento e depende exclusivamente do usuário.

Quanto ao reaproveitamento do trajeto de uma descrição, no caso 1 é possível já que a informação está completamente armazenada. Complementando isso é utilizada a *StageLedge* que é um dispositivo específico de movimentação capaz de utilizar as informações armazenadas para realizar o trajeto de descrição. No caso 2 isso é impossível por não se ter o armazenamento dessas informações. Além disso, não se tem a precisão de movimentação por não haver um controle de passos automatizados e padronizados.

Em relação ao reposicionamento em determinado ponto no caso 1 isso é possível já que a *StageLedge* movimenta-se até um ponto de escolha pelo usuário utilizando o sistema. A informação de posição está presente no mapa virtual geral e assim pode escolher um determinado ponto e a movimentação ocorrerá com precisão até ele. No caso 2 isso é impossível porque não se tem o histórico dos pontos analisados e não se tem precisão na movimentação manual.

Sobre o mapa geral de análise, este é gerado no caso 1 automaticamente desde que se utilize a *StageLedge*. A partir da utilização das ferramentas é possível se ter um mapa completo com todos os pontos descritos e a partir desse mapa geral buscar qualquer informação. No caso 2 isso não é possível, pois não se armazenam os dados dos pontos quantificados quanto ao seu posicionamento sobre a lâmina.

Essas análises foram feitas após o uso do sistema por pessoas já treinadas e habituadas com as inovações possíveis nesse processo. As entrevistas realizadas para essa análise basearam-se nas principais etapas que envolvem uma descrição, além de ser questionada a importância do novo processo com uma vasta possibilidade de documentação. Aproveitando os testes desses usuários foi realizada uma descrição completa de uma lâmina de rocha. Todas as etapas foram seguidas conforme o fluxo planejado até todas as informações importantes estarem presentes no mapa virtual. A partir disso, foram exploradas consultas de informações anteriormente não possíveis. No capítulo a seguir é apresentado um estudo de caso abrangendo uma descrição completa que facilitará o entendimento de descrição de uma amostra de rocha.

6 GERAÇÃO DO MAPA VIRTUAL PARA UMA LÂMINA - ESTUDO DE CASO DE UMA DESCRIÇÃO DE AMOSTRA DE ROCHA

Este capítulo apresenta o estudo de caso de descrição de uma lâmina passando por todas as etapas do processo e utilizando as ferramentas necessárias. Este estudo foi realizado juntamente com um geólogo treinado no sistema e que realiza descrições no sistema *PetroGrapher*. A idéia foi a utilização das novas ferramentas desenvolvidas e a verificação do aproveitamento do armazenamento de novas informações, além da comprovação do diferencial de análise possibilitado pela geração do mapa virtual.

6.1 Geração do mapa virtual para uma lâmina de rocha

Para o estudo de caso considerado, foi utilizada uma lâmina de amostra de rocha. A lâmina foi digitalizada em um scanner com resolução de 600 dpi (*dots per inch*). Posteriormente, foi posicionada no microscópio de acordo com a laminação da rocha, de modo que a movimentação sobre ela fosse feita perpendicularmente. No caso da amostra utilizada, foi colocada com o lado maior no eixo Y da platina eletrônica, ou seja, posicionada verticalmente.

A lâmina teve seu posicionamento mantido na platina eletrônica até o final da descrição, mesmo nas interrupções da tarefa. O geólogo iniciou a utilização do sistema *PetroGrapher*, com o qual já estava familiarizado, preenchendo as informações de identificação da lâmina e iniciando a descrição dos aspectos texturais. As descrições composicionais foram realizadas com o auxílio da platina eletrônica. No início da descrição composicional, foi ativada a platina eletrônica e foi ajustado o tamanho de passo adequado para a descrição de acordo com a granulometria da amostra. Neste caso, com um arenito de granulometria média, o passo foi ajustado para 0,375 mm e foi definida a quantificação total desejada de 300 pontos. Após esses ajustes, o usuário iniciou a quantificação e qualificação dos constituintes e poros. Nesse processo, o usuário identifica cada constituinte, marca um ponto para o referido constituinte e a platina se movimenta automaticamente para um próximo ponto. Nesse estudo de caso foram capturadas oito fotografias para essa lâmina. A Figura 6.1 ilustra uma das fotos capturadas para a lâmina em estudo, utilizando luz polarizada.

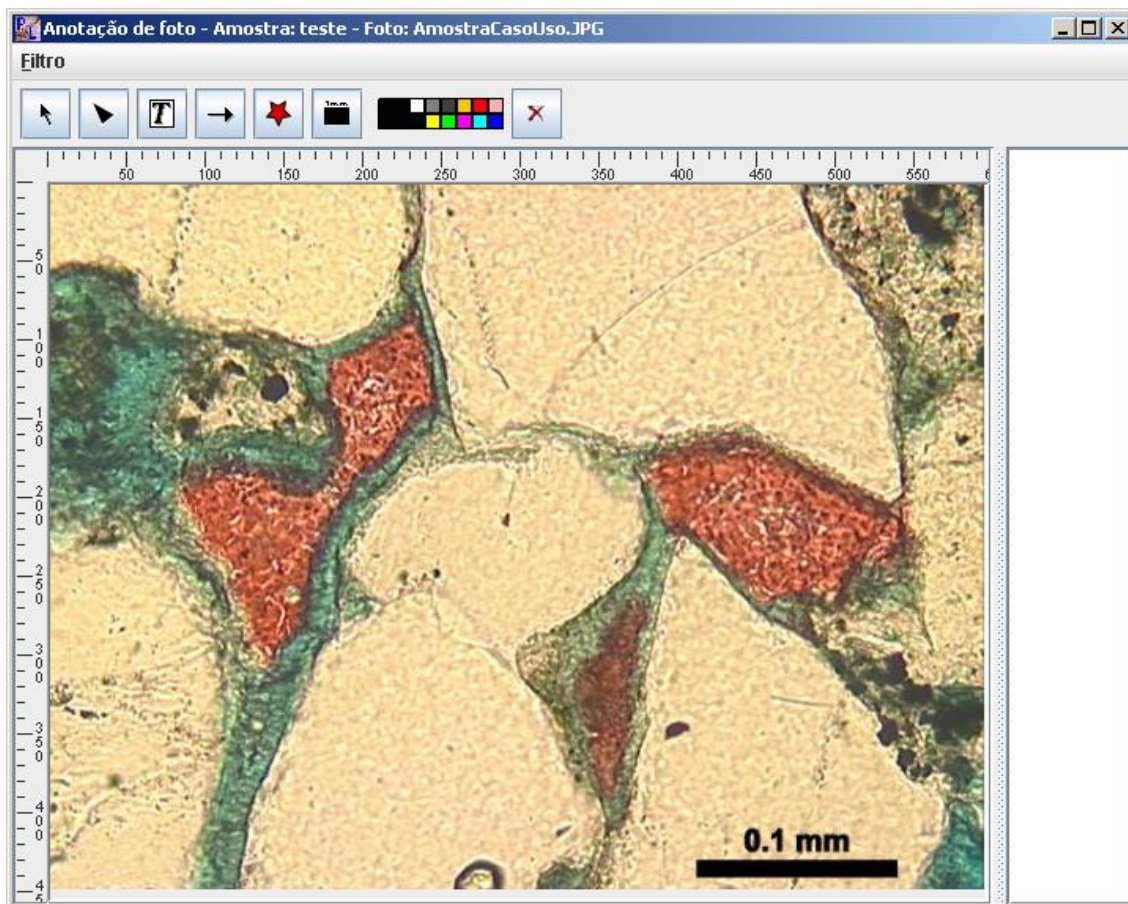


Figura 6.1: Interface com a adição de uma fotografia de um ponto.

Cada fotografia recebeu anotações que explicitam o conhecimento sobre aquela rocha. Foram identificados o constituinte e a relação deste com os demais, registrados de acordo com a ontologia associada ao módulo que disponibilizou a terminologia necessária à descrição. O usuário adicionou à imagem anotações que considerou importante para próximas consultas, e a descrição completa foi armazenada pelo sistema. O processo se repetiu para cada uma das fotografias. A Figura 6.2 apresenta uma das fotos após o processo de anotação, que teve os seguintes comentários adicionados posteriormente na área de texto não apresentada na fotografia: “grãos de quartzo (q), feldspato (f), e fragmentos de rocha vulcânica (vf) recobertos por franja de clorita (setas). Poros intergranulares preenchidos por calcita. Polarizadores descruzados”.

A quantificação e qualificação seguiu até os trezentos pontos. Durante esse processo, foram adicionadas oito fotografias e foram realizadas diversas anotações em cada uma das fotografias. Após o término da contagem de pontos, outras informações foram adicionadas à descrição das imagens inserindo observações para facilitar consultas futuras. A descrição dos trezentos pontos gerou a descrição conforme apresentado na Figura 6.3, e o mapa virtual é apresentado na Figura 6.4.

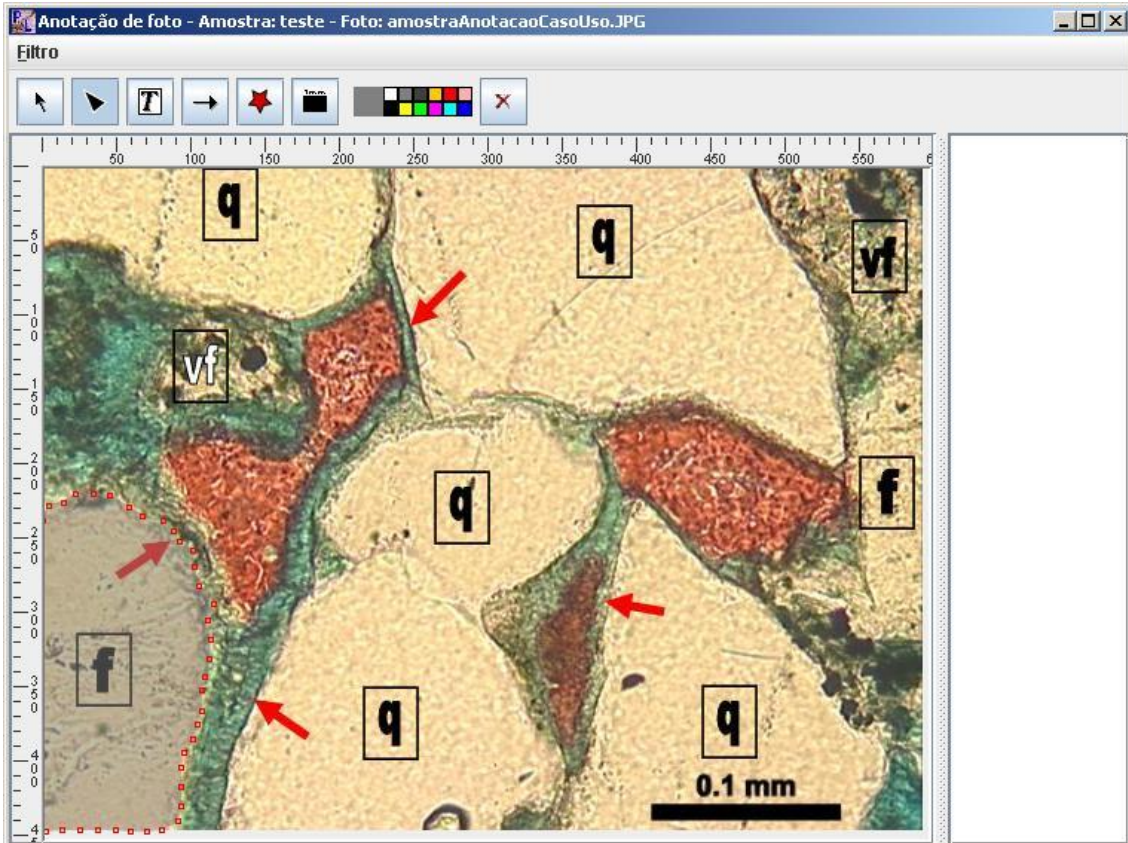


Figura 6.2: Fotografia de um ponto com detalhamento de anotações.

Composição - Amostra: Amostra_Teste		Controle da Platina		Conteúdo da Célula		Pontos Previstos:	
		Iniciar	Trilha			300	
		Avançar Controlador				Quantidade de Pontos:	
						300	
Nº	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Quanti..	Obs...		
1	Quartzo detrítico monocristalino - Como grão monomineralico -	58	19.29				
2	Quartzo detrítico policristalino - Como grão monomineralico -	17	5.67				
3	Quartzo detrítico - Em fragmento de rocha plutônica -	9	3.00				
4	Ortoclásio detrítico - Como grão monomineralico -	32	10.67				
5	Microclínio detrítico - Como grão monomineralico -	21	7.00				
6	Pertita detrítica - Como grão monomineralico -	1	0.33				
7	Feldspato potássico detrítico - Em fragmento de rocha plutônica -	5	1.63				
8	Plagioclásio detrítico - Como grão monomineralico -	5	1.63				
9	Plagioclásio detrítico - Em fragmento de rocha plutônica -	1	0.33				
10	Fragmento de rocha vulcânica indiferenciado - Em fragmento de rocha vulcânica -	5	1.63				
11	Muscovita - Como grão monomineralico -	2	0.67				
12	Biotita - Como grão monomineralico -	2	0.67				
13	Mineral pesado indiferenciado - Como grão monomineralico -	4	1.33				
14	Bioclasto carbonático indiferenciado - Em fragmento intrabacial -	9	3.00				
15	Muscovita - Em fragmento de rocha plutônica -	1	0.33				
16	Caulim - Livrinhos - Intergranular preenchendo poro - - Com porosidade primária intergranular - -	10	3.29				
17	Caulim - Livrinhos - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Feldspato detrítico -	6	2.00				
18	Caulim - Livrinhos - Intragranular deslocante - - Expansão <Constituinte detrítico> - Muscovita -	4	1.33				
19	Calcita - Mosaico fino - Intergranular preenchendo poro - - Substituição <Constituinte diagenético> - Caulim -	2	0.67				
20	Siderita - Microcristalina - Intergranular discreto - - Com porosidade primária intergranular - -	2	0.67				
21	Siderita - Microcristalina - Intragranular substitutivo - - Substituição <Constituinte diagenético> - Pseudomatriz argilosa -	4	1.33				
22	Ilita - Fibroso - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Feldspato detrítico -	2	0.67				
23	Albita - Microcristalina - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Plagioclásio detrítico -	2	0.67				
24	Albita - Microcristalina - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Feldspato potássico -	4	1.33				
25	Dolomita - Romboedro pequeno - Intergranular preenchendo poro - - Dissolvido - Com porosidade primária intergranular - -	1	0.33				
26	Pirita - Microcristalina - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Biotita -	1	0.33				
27	Pirita - Fambroidal - Intragranular preenchendo poro - - Porosidade intragranular em <Constituinte detrítico> - Bioclasto -	0	0.00				
28	Macroporo Intergranular - Intersticial - Crescimento por dissolução - Primária - -	60	20.00				
29	Macroporo Intragranular - Arcabouço - Crescimento por dissolução - Dissolução <Constituinte detrítico> - Feldspato de...	16	5.32				
30	Macroporo Intragranular - Arcabouço - Crescimento por dissolução - Dissolução <Constituinte detrítico> - Fragmento d...	5	1.63				
31	Macroporo Mórdico - Arcabouço - Crescimento por dissolução - Dissolução <Constituinte detrítico> - Feldspato detrític...	4	1.33				
32	Macroporo Intragranular - Arcabouço - - Dentro de <Constituinte detrítico> - Muscovita -	5	1.63				

Clique com o botão esquerdo do mouse para incrementar pontos. ALT+ Botão esquerdo para decrementar.

Figura 6.3: Descrição composicional do estudo de caso.

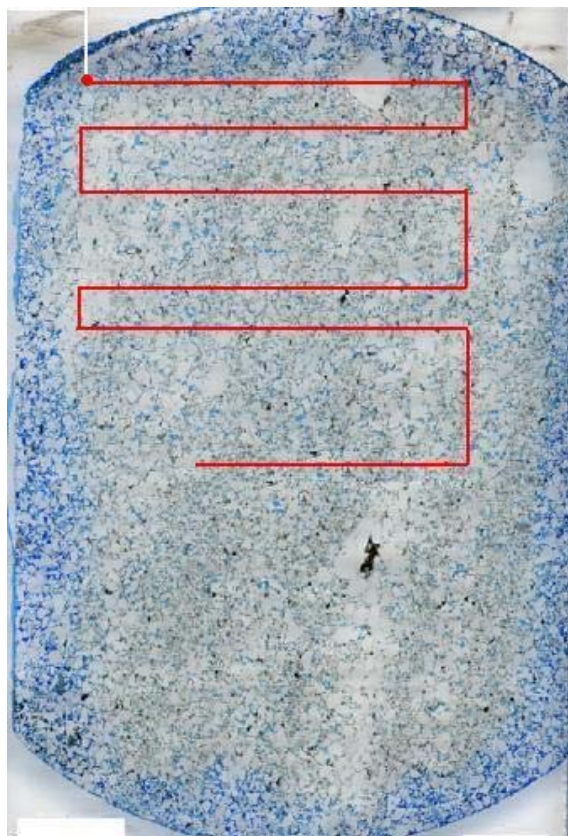


Figura 6.4: Trajeto do mapa virtual gerado sem a marcação dos pontos quantificados.

6.2 Reanálise da descrição de uma lâmina de rocha

Após a conclusão da descrição, a lâmina foi retirada do microscópio. Posteriormente, foi feito um novo exame para discussão de algumas feições diagnósticas identificadas na lâmina. Para isso, a lâmina foi recolocada no microscópio e foi carregada a amostra no sistema. Em seguida foi iniciada a composição e a platina eletrônica. Nesse momento o sistema apresentou a orientação da lâmina e tamanho de passo para conferência, conforme a Figura 6.5. Caso o usuário tenha colocado num posicionamento errado poderá corrigir antes de iniciar a reanálise.

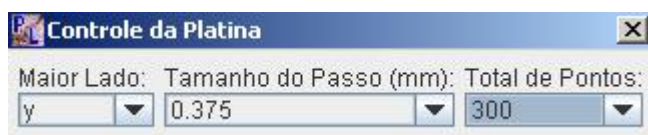


Figura 6.5: Apresentação da posição da lâmina e tamanho de passo ao iniciar a *StageLedge*.

Após definir os ajustes da *StageLedge*, a interface controladora foi iniciada. A partir disso, foram realizadas algumas reanálises, inicialmente foi refeito todo o trajeto de quantificação. Para isso o usuário clicou no botão “caminho completo” e a platina realizou o caminho exatamente como percorrido durante a descrição. Em determinados pontos, o usuário verificou as informações de quantificação e qualificação. Dessa forma, o usuário fez uma recapitulação da descrição e verificou os dados descritos. Essa

operação poderia ser realizada por uma outra pessoa para garantir que exista certeza na descrição.

Outra operação de reanálise foi a busca de um ponto de um tipo específico de constituinte. A partir do mapa descrito foi possível que o geólogo pesquisasse posteriormente a localização dos constituintes identificados. O interesse do geólogo foi verificar a distribuição na lâmina de determinados tipos de constituintes. Para isso, utilizou o módulo de composição para indicar qual o constituinte a ser pesquisado e as ocorrências deste constituinte automaticamente apresentado na interface do mapa virtual. Foi escolhida a busca pelo constituinte “Ortoclásio detrítico” com a localização “em fragmento de rocha plutônica”. Para realizar essa ação basta clicar na linha do constituinte na coluna de número de pontos, conforme apresentado na Figura 6.6.

Identificação e descrição do constituinte

Nº	Identificação do Constituinte	Pontos	%	Quantid...	Observ...
1	Quartzo detrítico monocristalino - Como grão monomineralico -	42	14.00		
2	Quartzo detrítico monocristalino - Em fragmento de rocha plutônica -	11	3.67		
3	Quartzo detrítico policristalino - Como grão monomineralico -	1	0.33		
4	Ortoclásio detrítico - Como grão monomineralico -	25	8.33		
5	Ortoclásio detrítico - Em fragmento de rocha plutônica -	16	5.33		
6	Plagioclásio detrítico - Como grão monomineralico -	39	13.00		
7	Microclínio detrítico - Como grão monomineralico -	14	4.67		
8	Fragmento de xisto - Como fragmento de rocha metamórfica -	2	0.67		
9	Intraclasto lamoso - Como grão intrabacial -	2	0.67		
10	Fragmento de filito - Como fragmento de rocha metamórfica -	1	0.33		
11	Microclínio detrítico - Em fragmento de rocha plutônica -	3	1.00		
12	Muscovita - Como grão monomineralico -	1	0.33		
13	Plagioclásio detrítico - Em fragmento de rocha plutônica -	2	0.67		
14	Quartzo - Crescimento - Intergranular cobertura de grão descontínua - - Cobrindo <Constituinte detrítico>	15	5.00		
15	Feldspato potássico - Crescimento - Intergranular cobertura de grão descontínua - - Cobrindo <Constituinte detrítico>	13	4.33		
16	Pseudomatriz argilosa - Microcristalina - Intergranular preenchendo poro - - Em porosidade primária int...	3	1.00		
17	Clorita - Microcristalina - Intergranular cobertura de grão descontínua - - Cobrindo <Constituinte detrítico>	4	1.33		
18	Albita - Prismático - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Ortoclási...	15	5.00		
19	Albita - - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de <Constituinte detrítico> - Plagioclásio detrític...	7	2.33		
20	Óxido/hidróxido de ferro diagenético - Microcristalina - Intragranular substitutivo - - Substituindo grão de ...	3	1.00		
21	Macroporo Intergranular - Intersticial - - Primária - Macroporo Intergranular -	65	21.67		
22	Macroporo Intragranular - Arcabouço - - Dissolução de <Constituinte detrítico> - Ortoclásio detrítico - Co...	7	2.33		
23	Macroporo Intragranular - Arcabouço - - Dissolução de <Constituinte detrítico> - Plagioclásio detrítico - ...	3	1.00		
24	Macroporo Intragranular - Arcabouço - - Dissolução de <Constituinte detrítico> - Fragmento de rocha plu...	2	0.67		
25	Macroporo Móldico - Arcabouço - Ampliado por dissolução - - Constituintes detríticos indiferenciados -	3	1.00		
26	Macroporo de fratura em grão - Arcabouço - Reduzido por compactação - Fratura de <Constituinte detríti...	1	0.33		

Pontos quantificados

Porcentagem do constituinte na amostra

Clique com o botão esquerdo do mouse para incrementar pontos. ALT+ Botão esquerdo para decrementar.

Figura 6.6: Composição tendo um constituinte escolhido para ser apresentado no mapa virtual.

A Figura 6.7 apresenta a imagem com os constituintes do tipo específico localizados no mapa virtual. Alguns destes constituintes apresentam fotografias, mas a maioria não apresenta diferenciação necessária que justifique mais uma imagem. A partir dos pontos

localizados no mapa, é possível verificar as fotografias daqueles que contém o constituinte escolhido e as anotações sobre ele. Essa consulta sobre os dados armazenados é realizada com auxílio do controlador da platina eletrônica conforme mostrado na Figura 6.8, que mostra o trajeto percorrido e os pontos quantificados. Ao posicionar o mouse em cima de um dos pontos que contenha fotografia, esta é apresentada ao lado automaticamente (Figura 6.8).

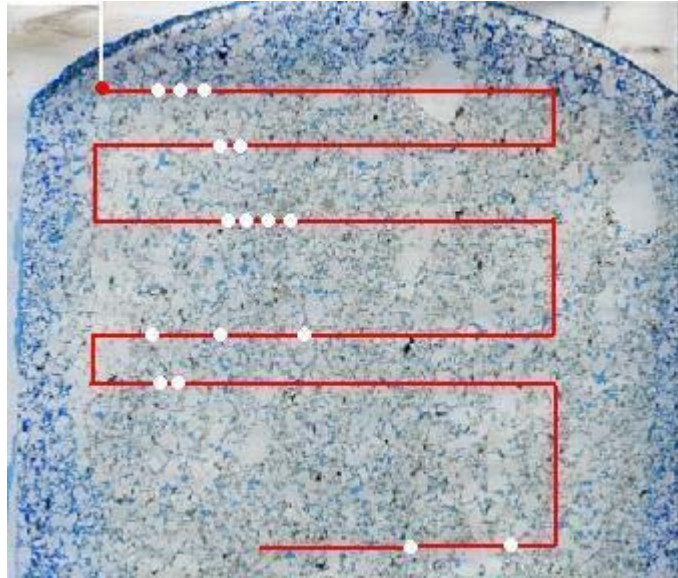


Figura 6.7: Constituintes da amostra de rocha localizados no mapa virtual.

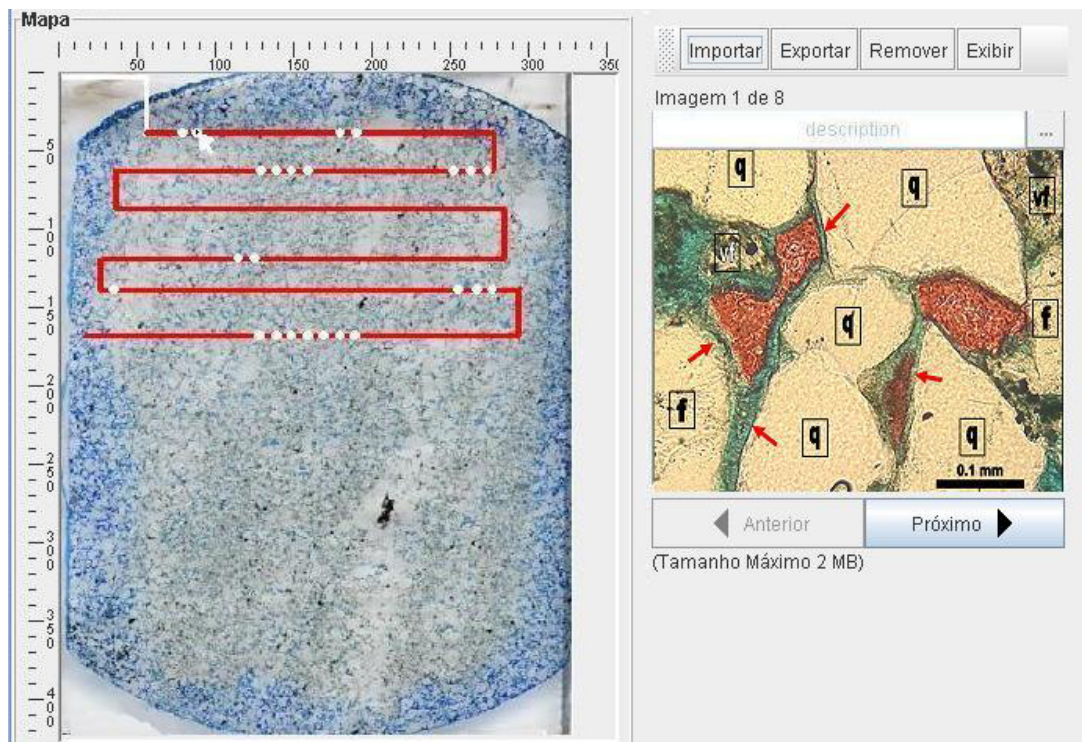


Figura 6.8: Mapa virtual com a localização de determinados constituintes e ao lado a fotografia de um dos constituintes visualizados.

6.3 Conclusões do estudo de caso

A descrição de amostra de rocha com registro de imagens e anotação de feições, ou seja, utilizando recursos anteriormente não existentes, demandaram mais 30% de tempo do que as descrições realizadas sem anotação e mapa virtual. Porém a descrição quando analisada comparativamente inclui informações necessárias que não existiriam sem as anotações. Essas informações são capturadas e armazenadas de forma integrada em um mesmo sistema, algo que anteriormente não ocorria.

A melhor comparação para avaliar o estudo de caso é quanto a uma descrição de amostra de rocha a partir do uso de sistemas genéricos para anotação de imagem no modelo tradicional de descrição, que utiliza um editor de texto com manipulação de desenhos. Dessa forma, comparando uma descrição de amostra utilizando o sistema com os recursos para anotação de imagens, porém não utilizando o mapa virtual para inserção de conteúdo, e uma descrição realizada fora do sistema, constata-se que o tempo de descrição utilizando o *PetroGrapher*, em média, foi 20% menor. Isso ocorreu porque o sistema disponibiliza todas as ferramentas necessárias à marcação em um mesmo ambiente. Ainda existe o fato de que sendo realizada a anotação no *PetroGrapher*, toda a informação está disponível para reuso e consulta em uma base de dados integrada e compartilhada.

Nesse estudo de caso houve uma maior captura de informação significativa que na descrição sem anotação e mapa virtual, já que diversas informações eram perdidas anteriormente. Foi constatado que a descrição pode ser facilmente re-analisada ou corrigida posteriormente, além de auxiliar em novas descrições, sendo possível consultar ou realizar comparativos com amostras anteriores. A utilização do conteúdo de descrição com a documentação extensiva pode ser reaproveitada em qualquer lugar que possua uma conexão com a base de dados com a qual se conecte o *PetroGrapher*. A distribuição do conteúdo descrito torna possível o acesso à informação simultaneamente de qualquer lugar sem necessitar envio de mídia papel.

Nessa descrição realizada não foram utilizados alguns recursos disponíveis como a inserção de arquivos de áudio, vídeo ou *links* para páginas na Internet. Isso não ocorreu pela falta de conteúdo preparado para a descrição da amostra utilizada. Mesmo assim o usuário poderia inserir arquivos de áudio com comentários importantes sobre determinadas partes da imagem, mas preferiu não utilizar por não ter padronizado uma maneira de como utilizará as gravações existentes. A principal diferença em uma descrição com arquivos e *links* adicionados é a necessidade de um tempo maior de descrição. Porém, o material adicionado poderá ser aproveitado diversas vezes e acabará resultando em diminuição de tempo em descrições futuras. Esses recursos são úteis para qualquer descrição, desde as mais básicas, inclusive podendo apresentar esclarecimentos sobre o fato das informações presentes estarem tão simplificadas. O usuário é quem decide se utilizará ou não tais recursos. Caso o usuário tivesse utilizado tais recursos, a quantidade de informações seria superior a descrição realizada e facilitaria a interpretação das informações descritas. Quanto melhor documentada uma descrição de amostra de rocha, menor a quantidade de dúvidas quanto à geração da informação nas bases de dados.

A utilização das descrições para treinamentos é simplificada utilizando as inovações apresentadas, já que o material documentado está unificado em uma base de dados. É possível que diversos usuários utilizem o mesmo material em locais diferentes, desde que tenham acesso à base de dados. Anteriormente havia dificuldade na distribuição da

informação para treinamento, além de não existir uma ferramenta que agregasse arquivos de áudio, vídeo e *links* para Internet com informações que precisavam ser providas somente a partir do instrutor. Com o conteúdo presente na base de dados, pode-se utilizar o que já está descrito como guia em descrições de lâminas semelhantes e consultar as explicações de feições e pontos característicos que se assemelham em outras descrições. A inserção de documentação se torna abrangente a medida que pode ser incrementada de acordo com a necessidade. Quanto maior o estudo sobre uma determinada amostra, aumenta a necessidade de inserir uma nova informação. Dessa forma, a descrição vai ficando cada vez mais completa e capaz de ter interpretações melhores realizadas.

7 CONCLUSÕES

A captura e representação de conhecimento visual ainda não dispõem de boas soluções puramente simbólicas para realizar o processamento automático do conteúdo de imagens, livre da intervenção humana. Os algoritmos de processamento de imagem identificam e classificam feições associadas a aspectos físicos (cor, textura) ou geométricos (forma, posição) da imagem, que podem eventualmente serem associados ao conteúdo ou significado do objeto retratado. Dessa forma, podem ser reconhecidos vegetação, desmatamento ou massas de água em uma imagem de satélite, ou defeitos em peças em uma linha de produção de ferramentas. Porém, as abordagens ainda são insuficientes para extrair conteúdo útil para suporte à tomada de decisão em domínios complexos. Até o momento, apenas um médico é capaz de identificar a existência e gravidade de uma patologia em uma imagem médica, apenas um biólogo identifica com segurança um organismo infeccioso em uma amostra de laboratório e apenas um petrógrafo é capaz de identificar as feições em uma rocha que permitem avaliar a qualidade desta como reservatório de petróleo.

Os algoritmos de processamento de imagens ainda não mostram bons resultados para a identificação de feições diagnósticas em imagens da forma como os especialistas as utilizam. Portanto, a abordagem deste trabalho oferece uma alternativa efetiva para reusar o conhecimento contido em imagens: prover um ambiente para documentação de conhecimento visual, associando as feições visuais diagnósticas que dão suporte a decisão, por um lado aos objetos físicos que originaram as imagens e, por outro, às suas representações nos modelos de conhecimento construídos através de ontologias. Essa abordagem permite ao usuário a completa recuperação do processo de decisão e, quando necessário, sua revisão de acordo com a evolução da interpretação científica.

No domínio de estudo deste trabalho, a Petrografia Sedimentar, o conhecimento capturado a partir de imagens petrográficas para auxiliar na avaliação de reservatórios de petróleo é implícito e muito difícil de ser preservado e compartilhado. No entanto, esse conhecimento agrega enorme valor ao processo de avaliação de reservatórios e na definição de técnicas para produção dos poços de petróleo. Dessa forma, qualquer diferencial que permita explicitar, documentar e facilitar o compartilhamento deste conhecimento representa vantagens significativas para quem faz uma análise e grandes ganhos econômicos nas corporações que o utilizam.

Esse trabalho apresenta uma maneira sistemática de capturar conhecimento visual no processo de descrição petrográfica quantitativa e qualitativa com o auxílio de um software e de um dispositivo de hardware. O sistema permite a anotação das imagens com as feições diagnósticas identificadas pelo usuário e sua associação com as coordenadas espaciais da feição na própria amostra de rocha, bem como permite ligá-la às descrições simbólicas desenvolvidas com apoio de uma ontologia de domínio. A

descrição petrográfica se torna mais completa que as descrições realizadas manualmente e existem diferentes possibilidades de se agregar informações que eram anteriormente perdidas. A ontologia de domínio disponibilizada para ser utilizada no momento de indicação de constituintes visualizados uniformiza as descrições, além de registrar com exatidão o que foi percebido por um petrógrafo.

Como a proposta de captura de conhecimento utiliza informações de diferentes tipos (desenhos, textos, voz) e níveis semânticos (coordenadas espaciais, imagens, descrições simbólicas), também os modelos de representação de conhecimento visual foram propostos neste trabalho com diferentes níveis semânticos. O primeiro nível se relaciona aos objetos associados ao conhecimento visual no nível físico: fotografia, *strings*, as coordenadas de localização no mapa virtual, arquivos de áudio, vídeo e texto. O segundo nível se refere aos objetos de anotação selecionados pelo usuário: rótulos, setas, *hyperlinks*, contornos. O terceiro nível se refere às instâncias do modelo simbólico de representação de conhecimento, que no domínio deste trabalho, descreve os constituintes minerais e outros termos da nomenclatura petrográfica. Essa solução permitiu dar tratamento semântico adequado a cada um dos níveis e interligá-los através de um vetor de representação espacial de localização da fotografia e objetos nela identificados na lâmina delgada. Essa abordagem permite ao petrógrafo ou futuro usuário da informação recuperar de forma completa o caminho da análise e os objetos que deram suporte ao processo de tomada de decisão, compensando interpretações subjetivas realizadas por diferentes especialistas. Por outro lado, a criação do mapa virtual de representação da lamina através de imagens e objetos espacialmente representados cria uma representação virtual dos dados e do conhecimento que permite prescindir do objeto originalmente analisado. Ao permitir abrir mão do objeto físico para recuperar os passos do raciocínio, o sistema atende aos objetivos de preservação, multiplicação e compartilhamento do conhecimento.

A maioria dos sistemas existentes apresenta limitação quanto a representações e somente os mais recentes conseguem tratar genericamente esse tipo de informação. Por essa razão, ainda se depende muito de reavaliações. A utilização de técnicas que venham a facilitar conclusões e permitir melhor documentação do conhecimento existente em imagens é um avanço para que sejam possíveis melhores interpretações e em menos tempo. A principal característica significativa para o sucesso dessas interpretações está no conhecimento prévio e não somente de uma interpretação a partir de uma imagem.

Os sistemas de coordenadas espaciais são responsáveis por garantir a localização de objetos em relação a alguma referência. A partir da sua utilização é possível se trabalhar em diferentes escalas para representar o posicionamento de informações em uma determinada região. As informações de pontos específicos de imagens tendo sua exata localização possível de ser reutilizada para consultas é uma facilidade para certificar a qualidade de descrições de imagens já que pode ser reavaliado. A possibilidade de conectar a localização de objetos presentes em imagens a partir de objetos físicos significa utilização e acúmulo de conhecimento facilmente reutilizável. Cada ponto importante pode sofrer documentação sem ter limite do que se deseja armazenar, já que podem ser relacionados textos, figuras ou *links* para arquivos e páginas na Internet.

O modelo de descrição através do *PetroGrapher*, juntamente com a *StageLedge*, serve de instrumento para treinamentos de novos petrógrafos. As descrições das amostras podem ser armazenadas e a partir desse conteúdo podem ser inseridas observações dos mais variados objetos presentes nas imagens, ou qualquer outra

informação ou *link* relevante pode ser adicionado. Assim, tem-se uma ferramenta que auxilia instrutores para que seja possível o ensinamento para cada um dos alunos, além das facilidades de reutilização do treinamento.

O estudo realizado e a abordagem proposta podem ser considerados para utilização em domínios que necessitem decisão utilizando objetos visuais: diagnóstico médico por imagens, cirurgias virtuais, interpretação de imagens de satélites, entre muitos outros. Para isso, é necessário um aprofundamento nas características específicas de cada domínio para avaliar a adequação dessa abordagem. No entanto, esse trabalho disponibiliza uma maneira de se manter o conhecimento o mais próximo semanticamente da forma de interpretação de imagem de um especialista. A agregação de informações de variados tipos juntamente com o uso de uma ontologia torna o conhecimento explícito e possível de ser armazenado e reutilizado.

Este trabalho foi incorporado ao sistema *PetroGrapher* e testado durante todo o seu desenvolvimento junto a usuários do Instituto de Geociências da UFRGS e da Gerência Setorial de Sedimentologia e Estratigrafia da Petrobras, Vitória, Espírito Santo. A validação e aperfeiçoamento da solução aqui apresentada é resultado das avaliações e correções proporcionadas por esses usuários.

7.1 Sugestões para trabalhos futuros

Uma questão importante não abordada nesse trabalho que facilita a tarefa descrita é o tratamento de identificação de objetos através de técnicas de processamento de imagens e extração de conteúdo de imagens que dependesse o mínimo possível do usuário. No trabalho apresentado, é necessário que o usuário identifique alguma feição para detalhar, sem considerar qualquer critério automatizado. A automatização parcial da interpretação de determinados objetos em uma imagem representaria um diferencial significativo na exploração do conhecimento ali contido. A dificuldade é resultado do tipo de imagem com que se trabalha, já que o conteúdo importante está contido principalmente na forma como os objetos ali contidos estão relacionados uns com os outros, que é de difícil expressão através de propriedades geométricas. Não existem modelos geométricos facilmente reconhecidos nessas imagens que representem a informação importante a ser considerada, assim a detecção automatizada com os métodos tradicionais não tem mostrado bons resultados. Esse problema se deve a complexidade a qual a interpretação humana pode chegar. O raciocínio humano especializado é capaz de identificar relacionamentos de objetos em imagens que passam despercebidos nas ferramentas automatizadas. O desenvolvimento de alternativas para automatização parcial de interpretação da imagem já torna possível melhorar o nível de autonomia do sistema para identificação de objetos que dão suporte à tomada de decisão.

Ainda como trabalho futuro está um aperfeiçoamento na apresentação visual do conteúdo descrito e das imagens armazenadas. A exploração de apresentação dessas informações facilita interpretações e visualmente permite apresentar informações organizadas. Os caminhos de exploração do conteúdo armazenado são diversos, por exemplo, como organizar as fotografias para que sejam apresentadas diversas ao mesmo tempo e interagir com o usuário na busca dessas informações.

REFERÊNCIAS

ABEL, M. **Estudo de Perícia em Petrografia Sedimentar e sua Importância para a Engenharia de Conhecimento**. 2001. 239p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

ABEL, M. et al. PetroGrapher: managing petrographic data and knowledge Using an Intelligent Database Application. In: INTELLIGENT COMPUTING IN THE PETROLEUM INDUSTRY, ICPI, 2002, Mexico City, Mexico. **Proceedings...** Mexico City: [s.n], 2002.

ABEL, M. et al. Visual Knowledge Modelling and Related Interpretation Problem-Solving Method. In: CLEI, 28., 2002, Montevideo. **Articulos...** Montevideo: Universidad de la Republica, 2002.

ARONOF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.

AUTOSCAN. **AutoScan TrakScan for Window v1.1**. Disponível em: <http://www.autoscan.com.au/pdf/TrakScan_UserManual_v1_1.PDF>. Acesso em: 29 mar. 2007.

AYACHE, N. ; FAUGERAS, O.D. Hyper: a new approach for the recognition and positioning to two-dimensional objects. **IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.**, [S.l.], p. 44-54, 1986.

BASRI, R. Recognition by Prototypes. **Int. J. Comput. Vision**, [S.l.], p. 147-167, 1996.

BELONGIE, S. ; MALIK, J. ; PUZICHA, J. Matching Shapes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION, ICCV, 8., 2001, Vancouver, Canada. **Proceedings...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2001. p. 454-463.

BITTENCOURT, R.G. **Estudo sobre Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica**. 1996. 108p. Trabalho Individual (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

BROOKS, R.A. Model-based Three-dimensional Interpretations of Two-dimensional Images. **IEEE Trans. Patter Anal. Mach. Intell.**, [S.l.], p. 140-150, 1983.

CONIX. **Motorized Microscope Stage 4400LS**. Disponível em: <<http://www.conixresearch.com/downloads/manuals/mnstg4400ls.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2007.

- DAVIES, J.; ASHOK, K.G. Visual Analogy in Problem Solving. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 2001. **Proceedings...** [S.l.]: Morgan Kaufmann, 2001.
- DRAPER, B. ; HANSON, A.R. ; RISEMAN, E. Knowledge-directed Vision: control, learning and integration. **Proceedings of IEEE**, New York, p. 1625-1681, 1996.
- FITZ, P.R. **Cartografia Básica**. Canoas: UNILASALLE, 2000. 220p.
- GEORIS, B. et al. A Video Interpretation Platform Applied To Bank Agency Monitoring. In: IEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT DISTRIBUTED SURVEILLANCE SYSTEMS, IDSS04, 2004, London. **Proceedings...** London: IEE, 2004. p. 46-50.
- GÓMEZ-PÉREZ, A. ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. ; CORCHO, O. **Ontological Engineering**. London: Springer, 2004. 403p.
- GOODCHILD, M.F. Geographical Data Modeling. **Computers & Geosciences**, Oxford, p.401-408, 1992.
- GRIMSON, W.E.L. ; HUTTENLOCHER, D.P. (Ed). On the Sensitivity of the Hough Transform for Object Recognition. **IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.**, Los Alamitos, v.12, n.3, p. 255-274, Mar. 1990.
- HANSON, A. ; RISEMAN, E. Visions: a computer system for interpreting scenes. In: COMPUTER VISION SYSTEMS, CVS, 1978. **Proceedings...** [S.l.:s.n.], 1978.
- HU, B. et al. Ontology-based Medical Image Annotation with Description Logics. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON TOOLS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 15., 2003, Sacramento, CA. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2003. p. 77-82.
- HUDELOT, C. **Towards a Cognitive Vision Platform for Semantic Image Interpretation**: application to the recognition of biological organisms. 2005. 275p. Tese (Doutorado) - École Doctorale STIC, Nice.
- JAIMES, A. ; CHANG, S.-F. A Conceptual Framework for Indexing Visual Information at Multiple Levels. In: INTERNET IMAGING CONFERENCE, 2000, San Jose, US. **Proceedings...**[S.l.]: IS&T/SPIE, 2000.
- LEÃO, B.F. ; ROCHA, A.F. Proposed Methodology for Knowledge Acquisition: a study on congenital heart disease diagnosis. **Methods of Information in Medicine**, Stuttgart, p.30-40, 1990.
- LIEDTKE, C. et al. Aida: a system for the knowledge based interpretation of remote sensing data. In: INTERNATIONAL AIRBORNE REMOTE SENSING CONFERENCE & EXHIBITION, 3.,1997. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1997.
- MAGUIRE, D.J. ; GOODCHILD, M.F. ; RHIND, D. Geographical Information System: Principles and Applications. [S.l.]: Longman Scientific & Technical, 1991.
- MAILLOT, N. **Ontology Based Object Learning and Recognition**. Nice: École Doctorale STIC, 2005. 166p.

MAILLOT, N. ; THONNAT, M. ; BOUCHER, A. Towards Ontology Based Cognitive Vision. **Machine Vision and Applications**, [S.l.], v. 16, n. 1, p.33-44, 2004.

MARR, D. **Vision**: a computational investigation into the human representation and processing of visual information. New York: W. H. Freeman and Company, 1982.

MASTELLA, L.S. et al. Cognitive Modelling of Event Ordering Reasoning in Imagistic Domains. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE, IJCAI, 19., 2005, Edinburgh, UK. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2005.

MATSUYAMA, T. ; HWANG, V.S. **SIGMA - A Knowledge-Based Aerial Image Understanding System**. New York: Plenum Press, 1990.

NONAKA, I. ; TAKEUCHI, H. **The Knowledge-creating Company**: how japanese companies create the dynamics of innovation. New York: Oxford University Press, 1995.

PARSAYE, K. et al. **Intelligent Databases**: object oriented, deductive hypermedia technologies. New York: John Wiley & Sons, 1989. 479p.

PRIOR. **ProScan II High Performance Motorized Stage Systems**. Disponível em: <http://www.prior.com/downloads/user_files/en/ProScan2.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2007.

SANDAKLY, F. ; GIRAUDON, G. Reasoning Strategies for 3d Object Detection. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER VISION, 1995. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 1995.

SANGINETO, E. An Abstract Representation of Geometric Knowledge for Object Classification. **Pattern Recog. Lettl.**, [S.l.], p. 1241-1250, 2003.

SCHIELE, B. ; CROWLEY, J.L. Recognition without Correspondence Using Multidimensional Receptive Field Histograms. **International Journal of Computer Vision**, [S.l.], p.31-51, 2000.

SCHREIBER, A.T. et al. Ontology-based Photo Annotation. **IEEE Intelligent Systems and Their Applications**, [S.l.], v. 16, p.66-74, 2001.

SILVA, L.A.L. **Aplicando Métodos de Solução de Problemas em Tarefas de Interpretação de Rochas**. 2001 160p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, UFRGS. Porto Alegre.

SILVA, L.A.L. et al. An Ontology-Based Approach for Visual Knowledge: image annotation and interpretation. In: WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND THEIR APPLICATIONS, SBIA, 2004, São Luís. **Proceedings...** São Luís, MA: SBC, 2004. p. 43-54.

SOFOU, A. ; MARAGOS, P. Soil Image Segmentation and Texture Analysis: a computer vision approach. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, [S.l.], v. 2, p. 5, 2005.

STUDER, R. ; BENJAMINS, V.R. ; FENSEL, D. Knowledge Engineering: principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, [S.l.], p. 161-197, 1998.

SWAIN, M.J. ; BALLARD, D.H. Color Indexing. **International Journal of Computer Vision**, [S.l.], v. 7, n. 1, p.11-32, 1991.

TERRA, J.C.C. **Gestão do Conhecimento o Grande Desafio Empresarial**. São Paulo: Negócio Ed., 2001. 313p.

ULLMAN, S. ; BASRI, R. Recognition by Linear Combinations of Models. **IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.**, Los Alamitos, v.13, n.10, p.992-1006, Oct. 1991.

VICTORETI, F.I. **Uma Platina Eletrônica de Microscópio Controlada por um Computador**. 2004. 40p. Trabalho de Conclusão (Curso de Engenharia de Computação) – Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre.

YIP, K. ; ZHAO, F. Spatial Aggregation: theory and applications. **Journal of Artificial Intelligence Research**, [S.l.], v. 5, p.01-26, 1996.