

# PLANO DE TRABALHO

**Título do Projeto:** Inferência Gramatical e Métodos Sintáticos em Visão Computacional com Aplicações na Agropecuária

**Título do Plano de trabalho:** Classificação Automática de Espécies de Peixe utilizando Reconhecimento Sintático de Padrões

**Orientador:** Hemerson Pistori ([pistori@ucdb.br](mailto:pistori@ucdb.br))

**Orientando:** Marcelo Rafael Borth ([marceloborth@gmail.com](mailto:marceloborth@gmail.com)). **RA:** 811150

**Curso:** Doutorado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária

**Semestre:** 1º Semestre

## 1. Antecedentes e Justificativa

A produção de peixe é cada vez mais valorizada pela humanidade, principalmente como alimento para os seres humanos. Suas vitaminas e minerais são essências para uma alimentação nutritiva e saudável, uma vez que possui um baixo teor de gordura quando comparadas às outras carnes. Essa gordura proporciona uma série de benefícios no combate e prevenção de doenças. Pelo alto valor nutricional do peixe ser evidente, está cada vez mais comum a inclusão da carne de peixe pelos brasileiros. Conforme apresenta o Ministério de Pesca e Aquicultura (MPA), em média, cada brasileiro consome 9 quilos de pescado anualmente, entretanto o total recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é 12 quilos (PORTAL DA SAÚDE, 2012). Assim, por meio de ações que promovam a importância do produto, o órgão quer elevar o seu consumo.

Os peixes possuem um papel importante no Brasil, uma vez que o país possui uma costa marítima com aproximadamente 8,5 mil quilômetros de extensão, além de ter uma grande quantidade de reservatórios para o cultivo de peixes em cativeiro. Muitas espécies são criadas em condições e ambientes artificiais, seja para a alimentação humana ou, até mesmo, para outras finalidades como, a habitação doméstica ou aquários comerciais para visitação. Além disso, os peixes também tem um papel respeitável na cultura mundial, pois para alguns, são considerados divindades, símbolos religiosos, temas relacionados à arte, livros, filmes, etc. Por outro lado, existem espécies de

peixes ameaçadas de extinção, seja pela prática exagerada da pesca ou pela deterioração de seus *habitats*.

Informações que tratam sobre a distribuição, quantificação e migração de espécie de peixes são críticas para ecologistas, estudiosos do meio ambiente, órgãos governamentais e empresas do pescado. Nesse contexto, a criação de softwares para monitorar os peixes ou o seu ambiente possibilita a adoção de alternativas ou ações específicas para atuarem desde o controle preventivo das espécies de peixes até a criação de soluções para o pescado. Situações como, liberação de agrotóxicos em rios, esgotos das cidades, liberação de resíduos em ambientes inadequados e construção de barragens, podem afetar a distribuição, abundância e a cadeia alimentar, possibilitando, assim, a redução ou eliminação de determinadas espécies de peixes (GODINHO *et al.*, 1994; WOYNAROVICH, 1991). Assim, informações sobre o comportamento das espécies de peixes nas bacias hidrográficas influenciam no impacto orçamentário do governo em programas de revitalização dos rios como, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do rio São Francisco. Por essa razão, algumas alternativas foram propostas para reduzir os efeitos das atividades inadequadas sobre a fauna de peixes (MESQUITA *et al.*, 2007) (POMPEU *et al.*, 2005).

Em muitos casos, são utilizadas soluções manuais rotineiras em indústrias de pescado como, por exemplo, receber cargas de peixes e realizar a catalogação mediante a identificação de informações referentes ao tamanho, peso, quantidade, espécie, etc. Outras situações podem envolver profissionais da área e, também, leigos, uma vez que em um determinado ambiente a pessoa quer tentar identificar a espécie de peixe, seja para uso profissional ou entretenimento como, na visitação de um aquário. É nesse contexto que este trabalho propõe uma nova abordagem para a tarefa de classificação de espécies de peixe. Logo, o trabalho visa criar um sistema computacional que melhore a eficiência do processo de classificação, criando uma solução automatizada que ajude o trabalho manual executado pelo ser humano.

Diferente do que acontece no dia a dia do trabalho que envolve a classificação de peixes, a qual se baseia em procedimentos manuais de alto custo, baixa eficiência e baixa exatidão, este trabalho apresenta uma abordagem para a classificação de espécies de peixes mediante o uso de um

sistema computacional baseado em técnicas da Visão Computacional. As técnicas aplicadas no processamento e análise de imagens possibilitam extrair informações visuais como, forma, cor e textura, com o objetivo de identificar características das imagens para a utilização em um sistema de reconhecimento de padrões (GONZALEZ *et al.*, 2007) (FORSYTH *et al.*, 2012).

O objetivo deste trabalho é criar uma abordagem para o problema de classificação automática de espécies de peixe. Esta pesquisa irá resgatar as técnicas de reconhecimento sintático de padrões muito exploradas nas décadas de 60 e 70, porém se baseando nas motivações dos avanços recentes da computação, visão computacional e aprendizagem automática, tais como: i) aumento do poder computacional; ii) novas técnicas de extração de atributos, por exemplo, *Scale Invariant Feature Transform* - SIFT (MIKOLAJCZYK *et al.*, 2001), *Speeded Up Robust Features* - SURF (BAY *et al.*, 2006) e *Bag-of-Words* – BOW; e, iii) disponibilização de novas imagens anotadas e semi-anotadas. A abordagem proposta utilizará métodos de extração e seleção de atributos no problema em questão. Para realizar a classificação, o projeto fará uso de um banco de imagens de peixes que caracterizará o banco de exemplos, ou seja, possíveis peixes a serem classificados, utilizará algoritmos de inferência gramatical para a produção das gramáticas e, por fim, fará o reconhecimento de uma nova espécie de peixe dentre as presentes no banco de imagens.

Este projeto pretende criar um aplicativo para ser utilizado diretamente de um dispositivo móvel, celular e/ou *tablet*, diferentemente de abordagens semelhantes que utilizam uma câmera fixa para realizar a captura das imagens dos peixes e realizar o reconhecimento de espécie. O protótipo será implementado com auxílio da biblioteca de Visão Computacional OpenCV que possui um módulo de compatibilidade com dispositivos móveis. A nova abordagem será utilizada em problemas reais de importância para o estado do Mato Grosso do Sul, os quais estão relacionados com a produção sustentável em agropecuária. Uma vez que essa aplicação esteja em pleno funcionamento, irá fornecer grande contribuição para ecólogos, biólogos, estudantes, pesquisadores, engenheiros, instituições governamentais, empresários de pescado, dentre outros.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Geral**

Criar uma abordagem baseada no reconhecimento sintático de padrões que seja capaz de classificar, a partir de uma imagem capturada por um dispositivo móvel, as espécies de peixe predominantes do estado de Mato Grosso do Sul.

### **2.2 Específicos**

Para atingir o objetivo geral definido na seção anterior, os seguintes objetivos específicos são necessários:

- Aprofundamento e atualização da revisão de literatura;
- Construir um banco de imagens com espécies de peixe predominantes do estado de Mato Grosso do Sul;
- Estudar e analisar as técnicas relacionadas da abordagem proposta;
- Propor um algoritmo que faça a inferência gramatical para o reconhecimento de espécies de peixe;
- Implementar a abordagem proposta;
- Validação da abordagem proposta com experimentos baseados em casos reais; e,
- Registrar e divulgar os resultados obtidos.

### **3. Revisão de literatura.**

Nesse capítulo encontram-se os principais conceitos para o entendimento deste trabalho.

#### **3.1 Peixes no Mato Grosso do Sul**

Em Campo Grande, capital de Mato Grosso do Sul, está prevista a conclusão de um aquário para o fim de 2013. Esse aquário terá uma estrutura de 18,6 mil metros quadrados de área e será capaz de receber até 20 mil visitantes por dia. O total da área reservada vai abrigar 24 tanques de aquários, em que concentrarão 6,6 milhões de litros de água, tornando-o, assim, o maior aquário de água doce do mundo. Com o volume total previsto será possível suportar aproximadamente 7 mil animais, subdivididos em mais de 250 espécies, dentre eles, peixes, crustáceos, moluscos, invertebrados, répteis e mamíferos, apresentando toda a rica biodiversidade dos rios do estado, além de uma grande variedade de animais e plantas típicas. A intenção é retratar a biodiversidade dos ambientes aquáticos do Pantanal. O manejo das espécies em exposição será objeto de estudo e pesquisa constante. O novo aquário deve se tornar o maior referencial do País em consulta científica da fauna e flora da região pantaneira. Esse projeto integra o programa “MS Forte” do governo do estado de Mato Grosso do Sul como obra emblemática para a capital.

#### **3.2 Visão Computacional**

A Visão Computacional é uma área de pesquisa que inclui métodos de aquisição, processamento, análise e reconhecimento de imagens. Os algoritmos de Visão Computacional são baseados em técnicas de processamento e análise de imagens, as quais permitem extrair informações a partir de imagens (GONZALEZ *et al.*, 2007; TRUCCO *et al.*, 1998; FAUGERAS, 1993; HARTLEY *et al.*, 2004; FORSYTH *et al.*, 2012). Com o uso da Visão Computacional é possível automatizar a tomada de decisões com base em imagens capturadas por uma câmera (SHAPIRO *et al.*, 2001). Atualmente, é usada em uma grande variedade de aplicações, tais como: reconhecimento de caracteres, reconhecimento de objetos, sensores de movimento, segurança automotiva, vigilância, reconhecimento da íris humana, reconhecimentos de

impressões digitais, biometria, dentre outros. Dentro da Visão Computacional existe a área de reconhecimento de padrões que possibilita a identificação e classificação de espécies de peixe.

### **3.3 Reconhecimento de Padrões**

Para o reconhecimento de padrões em imagens é necessário aplicar técnicas de pré-processamento e segmentação, para posteriormente realizar a classificação do objeto a uma respectiva classe ou grupo. Existem algoritmos que melhoram a qualidade da imagem na etapa de pré-processamento, reduz os ruídos, elimina as sombras, detecta bordas, dentre outros. O pré-processamento ajuda os processos subsequentes a obterem um melhor resultado. Os algoritmos de segmentação, por sua vez, identificam o objeto principal e o fundo da imagem. Um exemplo de segmentação seria separar ou identificar o peixe e o fundo em uma imagem.

Nessa área é possível encontrar várias abordagens distintas. Em seu início, nos anos 50, utilizou-se técnicas probabilísticas e foi usada a linguagem da probabilidade em sua origem a partir de métodos Bayesianos (SCHALKOFF, 1992). Uma outra linha surgiu posteriormente, baseada na abordagem estrutural utilizando modelos sintáticos. Mais recentemente, surgiu a modelagem neural e difusa. Dessa forma, o reconhecimento de padrões está dividido em quatro grupos: estatístico, sintático, neural e difuso (FU, 1982; PAO, 1989; BISHOP, 1995). Neste trabalho será utilizada uma abordagem estrutural baseada em modelos sintáticos.

### **3.4 Reconhecimento Sintático de Padrões**

O reconhecimento sintático de padrões destaca a descrição estrutural de padrões, trata-se de uma abordagem em que os padrões do objeto são tratados sob uma perspectiva hierárquica. As informações estruturais descrevem cada padrão, por isso facilitam a descrição e a classificação de um objeto. Essa é uma abordagem matemática que tem como fundamentação a teoria das linguagens formais e autômatos. Sua importância deve-se às diversas ocorrências relacionadas a vida humana as quais possuem padrões, tornando-se uma importante alternativa para os sistemas inteligentes. Nesse tipo de sistema, muitas vezes as informações significativas em um padrão

podem não consistirem em valores numéricos, mas em uma conexão de características que produzem informações estruturais relevantes para facilitar a descrição do objeto. Logo, é necessário extrair e quantificar as informações estruturais que descrevem cada padrão do objeto para avaliar a similaridade estrutural entre esses padrões. Assim, o processo de reconhecimento sintático de padrões permite associar um padrão a uma classe específica, além de descrever características do padrão que não o tornaram aceitável para classificá-lo em uma outra classe.

Normalmente, a descrição estrutural de padrões estabelece uma descrição hierárquica que é construída a partir de padrões mais simples, as quais são construídas por sub-padrões ainda mais simples. Assim, os níveis mais baixos são os elementos mais elementares, extraídos a partir de dados de entrada, denominados de primitivas (FU, 1982). Uma analogia formal pode ser traçada como um texto, em que é constituído por vários parágrafos; um parágrafo é constituído por frases; uma frase é constituída por palavras que, por sua vez, são constituídas por letras. A ideia principal é que um conjunto de padrões complexos podem ser descritos por meio de uma quantidade finita de primitivas e regras gramaticais. Contudo, as regras geradas por uma gramática, fornecem uma descrição da estrutura dos objetos e os padrões conforme suas primitivas (OOMMEN *et al.*, 1998). Logo, a gramática de cada classe de padrões deve ser inferida a partir dos casos de treinamento. Uma vantagem em trabalhar com modelos estruturais é em virtude da técnica fornecer uma descrição de como os padrões são gerados a partir de primitivas que podem ser repetidas ou seguir determinadas ordens. Por outro lado, uma desvantagem é na inferência gramatical nos dados de treinamento, visto que ela permite um grande número de combinações, o que demandaria um grande custo computacional.

Na Figura 1 é possível visualizar as principais etapas de um sistema de reconhecimento sintático de padrões típico, onde o sistema é dividido em duas partes principais: o treinamento e o reconhecimento (BANKS, 1990; SCHALKOFF, 1992).

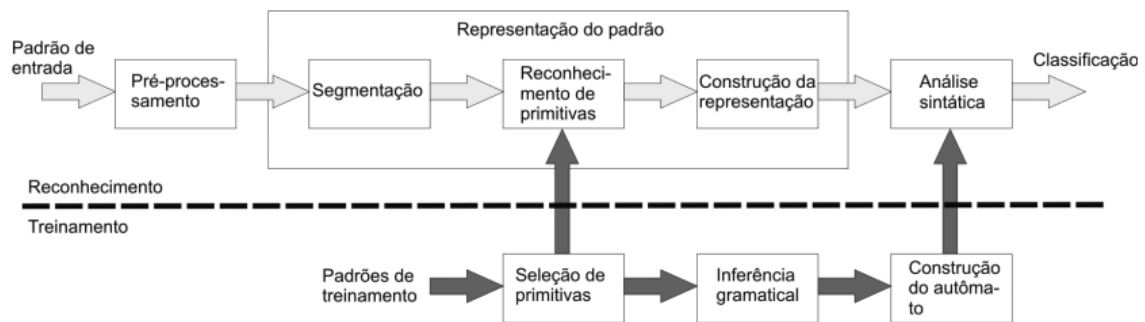


Figura 1. Etapas necessárias para um sistema de reconhecimento sintático de padrões típico (PIO, 2006).

### 3.5 Reconhecimento de Espécies de Peixes

Existem alguns trabalhos correlatos à abordagem proposta nesta pesquisa, como o de Rova *et al.* (2007), em que os autores propõem uma solução baseando-se principalmente em estabelecer correspondências entre modelos paramétricos deformáveis, os quais combinam informações de textura e forma referente a duas espécies de peixes de interesse. Para o processo de classificação, foi utilizado Máquinas de Vetores de Suporte e foi apresentada uma exatidão de 90% no melhor caso. De forma semelhante, Lee *et al.* (2003) propõem uma estratégia de reconhecimento e classificação direcionada na aquisição de informações das formas de nove espécies de peixes. Nessa abordagem, são propostos vetores descritores compostos por alguns pontos específicos presentes no peixe que conjuntamente definem o seu contorno. Para o processo de classificação foi utilizado o cálculo da distância Euclidiana entre os pontos. Entretanto, não foi especificado nenhuma experimento criterioso a respeito da exatidão desse metodologia. Outro trabalho é apresentado por Nery *et al.* (2005), onde os autores utilizam vetores descritores mais robustos que os utilizados no trabalho anterior, uma vez que é proposto o uso de características diferentes relacionadas, sendo elas: forma, cor, textura, tamanho das espécies, além de utilizar um peso para cada uma dessas características para ser utilizado como informação *a priori* por um classificador bayesiano. Nesse trabalho, foram apresentados diferentes precisões de classificação baseando-se em combinações entre as características, e o melhor resultado obtido foi em torno de 90%.



A inferência gramatical é utilizada em várias áreas de conhecimento em virtude da sua possibilidade de solução em tarefas de reconhecimento de padrões estruturais (HIGUERA, 2005). Inferir significa obter uma resposta baseando-se em fatos já ocorridos, analisando apenas uma amostra dos fatos e não todo o conjunto de amostras. De modo geral, a partir de um conjunto de exemplos que possuem características em comuns, deseja-se obter uma gramática que possa explicar como esses exemplos são gerados. Espera-se, assim, que a gramática obtida possa reconhecer outros exemplos não apresentados de uma mesma característica. Por essa razão, a inferência gramatical favorece o problema do aprendizado de um classificador que seja capaz de reconhecer características em um conjunto bem definido de exemplos.

A inferência gramatical é aplicada com o objetivo de identificar padrões em um conjunto de amostras. Considerando que esses padrões correspondem a símbolos não-terminais em uma gramática, existem vários tipos de problemas que podem ser resolvidos. Por exemplo, identificar regularidades em sequências biológicas, como o DNA e o RNA (SAKAKIBARA, 2005; SEARLS, 2002; DURBIN *et al.*, 1998), realçar padrões em contagens musicais (CRUZ-ALCÁZAR, 1998), descobrir propriedades de linguagem de textos, reconhecimento de voz (MICLET *et al.*, 2004), etc. Dentro da área de Bioinformática, onde o objetivo é usar técnicas matemáticas e computacionais para a resolução de problemas na Biologia Molecular, vários modelos gramaticais foram aplicados no reconhecimento de sequências biológicas, por exemplo: gramáticas estocásticas regulares (KASHIWABARA, *et al.*, 2007; ROSS, 2002); gramáticas livres de contexto (UNOLD, 2007); gramáticas estocásticas livres de contexto (SAKAKIBARA, 2005; KNUDSEN *et al.*, 2003); gramáticas de cláusulas definidas (*Definite Clause Grammars*) (SEARLS, 2002); e, TAGs (*Tree Adjoining Grammars*) (CAI *et al.*, 2003). Também, exemplo de processamento de linguagem natural por meio da inferência gramatical pode ser encontrado em Geertzen *et al.* (2004). Propostas híbridas também são encontradas na literatura, tal como a de Garcia-Gomez *et al.*, 2004), além de modelos com gramáticas *fuzzy* como o de Mordeson *et al.* (2002).

Por outro lado, trabalhos interessantes podem ser desenvolvidos mediante algumas dificuldades no processo de inferência das gramáticas, tais como (MATSUNO, 2006): garantir o processo de aprendizagem; dependência das características do conjunto de exemplos; quantidade mínima de exemplos para realizar o treinamento do modelo; aumentar o processamento conforme a quantidade de exemplos; desenvolver algoritmos com complexidade polinomial; eliminação de não-determinismos; geração de gramáticas ambíguas; dificuldade em identificar e demonstrar os problemas encontrados e, principalmente, definir qual classe de linguagem ela gera.

#### **4. Metodologia**

A seguir são apresentados os principais passos a serem realizados baseado neste plano de trabalho.

##### **4.1 Aprofundamento e atualização da revisão de literatura**

Por meio de consultas aos principais anais de eventos mundiais relacionados ao tema do projeto e, também, aos principais portais de periódicos mundiais, como *IEEE Xplore*, *ACM Digital Library*, *Science Direct*, *Scopus* e *Springer*, serão identificados artigos com trabalhos correlatos nas áreas de inferência gramatical, reconhecimento sintático de padrões e classificação de espécies de peixe. Esses artigos serão revisados para complementar a revisão de literatura apresentada neste plano de trabalho.

##### **4.2 Construção de um banco de imagens de peixes**

O banco conterà várias imagens para cada espécie de peixe. Para a classificação do peixe, serão capturadas várias imagens em diferentes ângulos e distâncias para compor o banco de imagens. As classes, neste caso, correspondem às espécies de peixes. As imagens serão capturadas em ambientes reais de utilização deste projeto, ou seja, em aquários. Para a captura das imagens serão utilizados dispositivos móveis como, celulares e/ou *tablets*. As imagens serão obtidas de diversos ângulos, com uma variação de cores, texturas, luminosidade, tamanhos, formas, etc., uma vez que algumas espécies se camuflam para melhor capturarem suas presas e outras se escondem na areia e podem mudar o tom da sua pele, em virtude das presas

não notarem sua presença no ambiente (HANSEN, 1998). É relevante considerar essas informações no processo de obtenção das imagens e na sua posterior classificação em sua respectiva classe, pois eles também se diferenciam por essas características.

Com apoio de especialistas, cada imagem será anotada, constituindo assim um conjunto de referência para posteriormente realizar a análise de desempenho do classificador. Para facilitar o acesso posterior às imagens pelo usuário, elas serão inseridas no software *fishcv*<sup>1</sup>, uma vez que as imagens poderão ser revisadas e utilizadas por outros pesquisadores. O banco será disponibilizado acessando o *website* do projeto *fishcv*. Exemplos de imagens similares às que serão capturadas e utilizadas neste projeto podem ser vistos na Figura 2.



Figura 2. Imagens similares às que serão capturadas para o banco de imagem.

#### **4.3 Desenvolvimento de um sistema computacional para a classificação de espécies de peixe**

Para realizar o reconhecimento de um objeto (peixe) utilizando a Visão Computacional é necessário alguns passos essenciais como: a captura das imagens (apresentada na seção anterior); formar/agrupar o conjunto de imagens de mesma espécie para formar o conjunto de exemplos; pré-processar as imagem com objetivo de reduzir ruídos e imperfeições presentes

---

<sup>1</sup> O endereço do *website* do projeto *fishcv* é [http://trac.gpec.ucdb.br/wiki/site\\_fishcv/](http://trac.gpec.ucdb.br/wiki/site_fishcv/)

na fase da captura da imagem. Nesse caso, terá a imagem original como entrada e uma imagem melhorada como saída (resultado), visando reduzir ou adequar possíveis distorções, brilho, contraste, cor, ruídos e/ou defeitos, etc., presentes na captura; em seguida, realizar-se-á a segmentação da imagem, que consiste na separação ou divisão da imagem em regiões baseando-se nos objetos constituintes. Esse processo determina a fronteira de uma região da imagem de outra, ou seja, ocorrerá a separação do objeto da imagem (peixe) do fundo da imagem. Uma segmentação bem sucedida aumenta o percentual de acerto em problemas de identificação de objetos, logo, quanto maior a precisão da segmentação, maiores serão as chances de sucesso do classificador (GONZALEZ e WOODS, 2007). Posteriormente, será realizada a extração de atributos do objeto para que o banco de treinamento seja construído. Essa é uma etapa fundamental para alcançar os objetivos do reconhecimento, pois a capacidade de reconhecer padrões de uma imagem em um conjunto imagens depende da quantidade de informações que se conhece do objeto em questão (PEURA *et al.*, 1997). A extração de informação resulta em informações quantitativas de interesse ou que possam ser utilizadas para diferenciar uma classe de outra. A técnica conhecida como SURF será utilizada para realizar o processo de detecção e extração de pontos de interesse nas espécies de peixe. Esse algoritmo será utilizado por possuir um custo computacional melhor se comparado ao algoritmo SIFT, e por tentar ser invariante a rotação. Por fim, o sistema computacional receberá uma nova imagem de peixe sem qualquer pré-processamento, fará os devidos tratamentos juntamente com a extração de atributos utilizando o algoritmo SURF e, por fim, fará a classificação do peixe em uma das classes presentes no banco de treinamento. É nesse ponto o foco principal deste projeto de pesquisa, em que o autor irá propor uma alternativa para realizar o reconhecimento das espécies de peixe baseando-se no reconhecimento sintático de padrões.

O sistema computacional (módulo) será desenvolvido em linguagem C++ tendo como auxílio o pacote de desenvolvimento para Visão Computacional, chamado *OpenCV* (BRADSKI, 2000), em sua versão 2.4 e,

também, o software *Weka*<sup>2</sup>, em sua versão 3.6.9. O *Weka* tem por objetivo agregar algoritmos e fazer com que o computador “aprenda” (no sentido de obter novo conhecimento), tentando, de forma indutiva, gerar hipóteses de soluções a partir dos padrões encontrados. A proposta deste trabalho fará a criação de um novo algoritmo para ser incrementado ao *Weka*. Assim, será possível analisar a precisão do classificador e, também, comparar os resultados com outros algoritmos presentes no *Weka*. Serão seguidas as regras definidas pelo grupo de pesquisa e desenvolvimento INOVISAO disponíveis no site do grupo<sup>3</sup>. O INOVISAO tem como base a metodologia de desenvolvimento de software SCRUM (SIMS *et al.*, 2011). O material produzido é monitorado sob a ferramenta de controle de versão, o *Subversion*<sup>4</sup>. O padrão de documentação de código será baseado no *Javadoc*<sup>5</sup>.

#### **4.4 Validação do módulo de classificação de espécies de peixe**

Como técnica de amostragem será adota a validação cruzada de 10 dobras com 10 repetições disponível no software *Weka* na versão 3.6.9 (HALL *et al.*, 2009). Para cada algoritmo testado, serão calculados os desempenhos médios referentes às métricas precisão, abrangência, medida-f e taxa de acerto ajustadas para problemas com mais de duas classes quando necessário. Para identificar se os algoritmos testados diferem estatisticamente em relação ao desempenho, considerando-se cada uma das métricas, será utilizado o teste não-paramétrico proposto por Friedman (1937). Esse modelo estatístico está disponível no software estatístico R<sup>6</sup>, em sua versão 2.15.3, com cada bloco correspondendo a uma das classes do problema. Serão reportados os valores-p encontrados para cada métrica e o nível de significância necessário para descartar a hipótese nula. Para todas as métricas será realizado um pós-teste e os diagramas de caixa e valores-p dois a dois resultantes serão analisados. O pós-teste, também disponível no R, tem como base o teste de Wilcoxon com

---

<sup>2</sup> O *Weka* é um software livre e gratuito disponível em <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.

<sup>3</sup> O site do grupo INOVISAO encontra-se em <http://gpec.ucdb.br/inovisao> e as instruções para os desenvolvedores podem ser acessadas pelo link: <http://trac.gpec.ucdb.br>.

<sup>4</sup> O software de controle de versões *Subversion* pode ser acessado em: <http://subversion.apache.org/>.

<sup>5</sup> *Javadoc* é uma ferramenta da Sun Microsystems para a geração de documentação em formato HTML a partir dos comentários presentes nos códigos-fonte.

<sup>6</sup> O software R está disponível em <http://www.r-project.org/>.

correção para FWER (*Family-wise Error Rate*) descrito por Hollander e Wolf (1999).

#### **4.5 Registro e divulgação de resultados**

Serão produzidos um relatório final e no mínimo dois artigos científicos com resultados parciais e/ou finais deste plano de trabalho. Os artigos serão submetidos para eventos ou revistas científica da área de Visão Computacional ou correlatas ao tema deste trabalho.

Em resumo, as seguintes atividades serão realizadas:

1. Aprofundamento e atualização da revisão de literatura.
  - Identificação de outros trabalhos correlatos;
  - Revisão de trabalhos correlatos; e,
  - Estudo de artigos sobre inferência gramatical, reconhecimento sintático de padrões e classificação de espécie de peixes;
2. Construção de um banco de imagens de peixes.
  - Identificação das principais espécies de peixes do estado de Mato Grosso do Sul;
  - Encontrar lugares para realizar a captura das imagens;
  - Obtenção das principais informações sobre cada espécie de peixe;
  - Capturar as imagens de diversas espécies de peixes em vários ângulos; e,
  - Anotar e associar as características de cada espécie de peixe e separação em grupos;
3. Desenvolvimento de um sistema computacional para a classificação de espécies de peixe.
  - Estudo de técnicas de aprendizagem de máquina, inferência gramatical e técnicas relacionadas ao tema do projeto para o desenvolvimento do algoritmo proposto e do módulo computacional;

- Realizar a fase de treinamento em cima do conjunto de imagens adquiridas;
  - Desenvolvimento do módulo de classificação de peixes;
  - Documentação dos códigos-fonte gerados; e,
  - Integração do módulo desenvolvido ao projeto *fishcv*;
4. Validação do módulo de classificação de espécies de peixe
- Utilização de *softwares* para auxiliar na validação do módulo desenvolvido; e,
  - Empregar técnicas estatísticas para a validação do módulo desenvolvido;
5. Registro e divulgação de resultados
- Escrita de um relatório parcial;
  - Escrita de um relatório final; e,
  - Escrita de artigos científicos para publicação em eventos nacionais/internacionais e/ou revistas científicas com os resultados obtidos no projeto;





## 6. Referências Bibliográficas

BANKS, S. **Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition**. Prentice Hall, 1990.

BAY, H.; TUYTELAARS, T.; VAN GOOL, L. J. **SURF: Speeded-Up Robust Features**. In ECCV, p. 404–417, 2006.

BISHOP, C.M. **Neural Networks for Pattern Recognition**. Clarendon Press, Oxford, 1995.

BRADSKI, G. The OpenCV Library. **Dr. Dobb's Journal of Software Tools**, 2000.

BREITMAN, K.; ANIDO, RICARDO. **Atualizações em Informática**. Rio de Janeiro. Editora PUC-Rio: SBC, 2006. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/jai/2006/007.pdf>>

CAI, L., MALMBERG, R. L.; WU, Y. **Stochastic modeling of RNA pseudoknotted structures: a grammatical approach**. *Bioinformatics*, v. 19, p. 166-173. Oxford University Press, 2003.

CRUZ-ALCÁZAR P.P.; VIDAL-RUIZ, E., **Learning Regular Grammars to Model Style: Comparing Different Coding Schemes**. In: Grammatical Inference, ICGI'98, number 1433, in: Lecture Notes in Artificial Intelligence, pages 211-222. Springer Verlag, 1998.

DURBIN, R.; EDDY, S. R.; KROGH, A. L.; MITCHISON, G. **Biological Sequence Analysis - Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids**. New York: Cambridge University Press, 1998. 356 p.

FAUGERAS, O. **Three-dimensional computer vision: a geometric viewpoint**. MIT Press, 1993.

FORSYTH, D. A.; PONCE, J. **Computer Vision: A Modern Approach**. 2nd Edition. Prentice Hall, 2012.

FRIEDMAN, M. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association* (American Statistical Association), 32, 675–701, 1937.

FU, L. M. **Rule Generation from Neural Networks**. *IEEE Transactions on Systems: Man and Cybernetics*, v. 28, n. 8, p. 1114-1124, 1994.

GARCIA-GOMEZ, J. M.; BENEDI, J. M. **Corpus based learning of stochastic context-free grammar combined with Hidden Markov models for tRNA modelling**. In: Proceedings of the 26th Annual International Conference of the

IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS'04), p. 2785-2788. IEEE Press, 2004.

GEERTZENL, J.; ZANEN, M. V. **Grammatical Inference Using Suffix Trees**. G. Paliouras and Y. Sakakibara (Eds.). In: Grammatical Inference and Applications, ICGI 2004, in: Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3264, p. 163-174, 2004.

GODINHO H. AND. GODINHO, A. **Fish Communities in Southeastern Brazilian River Basins Submitted to Hydroelectric Impoundments**. Acta Lim. Brasiliensia, v.5, p.187–197, 1994.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, E. R. **Digital Image Processing**. 3rd Edition. Prentice Hall, 2007.

HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; PFAHRINGER, B.; REUTEMANN, P.; WITTEN, I. H. **The WEKA Data Mining Software: An Update**. SIGKDD Explorations, v. 11, n.1, 2009.

HANSEN, J.D.; ZAPATA, A.G. **Lymphocyte development in fish and amphibians**. Immunological Reviews, Volume 166, 1998, pp. 199–220.

HARTLEY, R.; ZISSERMAN, A. **Multiple View Geometry in Computer Vision**. Cambridge University Press, 2004.

HIGUERA, C. A. **Bibliographical study of grammatical inference**. Pattern Recognition, v. 38, n. 9, p. 1332-1348. Elsevier, 2005.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. **Nonparametric statistical methods**. Wiley Series in Probability and Statistics – Applied Probability and Statistics Section. Wiley, 1999.

KNUDSEN, B.; HEIN, J. **Pfold: RNA secondary structure prediction using stochastic context-free grammars**. Nucleic Acids Research, v. 31, n. 13, p. 3423-3428. Oxford University Press, 2003.

KUMAR, N.; BELHUMEUR, P.; BISWAS, A.; JACOBS, D.; KRESS, W. J.; LOPEZ, I.; SOARES, J.; **Leafsnap: A Computer Vision System for Automatic Plant Species Identification**. European Conference in Computer Vision (ECCV), 2012.

MATSUNO, I. P. **Um Estudo dos Processos de Inferência de Gramáticas Regulares e Livres de Contexto Baseados em Modelos Adaptativos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2006, 121 p.

MESQUITA, F. O. et al. **A Preliminary Study into the Effectiveness of Stroboscopic Light as an Aversive Stimulus for Fish.** Applied Animal Behaviour Science, v.12, n.10, p. 12–17, 2007.

MICLET, L.; ONCINA, J.; CARRASCO, R.; CASACUBERTA, P.; EYRAUD, R.; EZEQUEL, P.; FERNAU, H.; MURGUE, T.; THOLLARD, F.; VIDAL, E. **Applications of Grammatical Inference.** Grammatical Inference, 2004.

MIKOLAJCZYK, K.; SCHMID, C. **Indexing Based on Scale Invariant Interest Points.** Proc. Eighth Int'l Conf. Computer Vision, pp. 525-531, 2001.

MORDESON, J. N.; MALIK, D. S. **Fuzzy Automata and Languages: Theory and Applications.** Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2002. 576 p.

OOMMEN, B. J., KASHYAP, R. L. **A Formal Theory for Optimal and Information Theoretic Syntactic Pattern Recognition.** Pattern Recognition, vol. 31, n. 8, pp. 1159-1177, 1998.

PAO, Y. H. **Adaptive Pattern Recognition and Neural Networks.** Reading, MA: Addison-Wesley, 1989, ch. 8, pp. 197-222.

PEURA, M.; LIVARINEN, J. Efficiency of Simple Shape Descriptors. In: Aspects of Visual Form, pp. 443–451. World Scientific, Singapore, 1997.

PIO, J. L. S.; OLIVEIRA, C. J. S.; ARAÚJO, A. A.; OLIVEIRA, N. J. **Reconhecimento Sintático e Estrutural de Padrões.** Atualizações em Informática. Rio de Janeiro. Editora PUC-Rio: SBC, cap. 6. 2006.

POMPEU, P. S.; MARTINEZ, C. B. **Study of the Necessary Mechanical Modifications for the Operational Optimization of the Santa Clara dam's Fish Lift.** In: 18th International Congress of Mechanical Engineering. Ouro Preto, 2005.

PORTAL DA SAÚDE. **Ministério da Saúde incentiva consumo regular de peixe,** 2012. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/portalsaude/noticia/6934/162/ministerio-da-saude-incentiva-consumo-regular-de-peixe.html>>. Acessado em: 14/06/2013.

ROSS, B. J. **The evolution of stochastic regular motifs for protein sequences.** New Generation Computing, v. 20, n. 2, p. 187-213. Ohmsha, 2002.

SAKAKIBARA, Y. **Grammatical inference in bioinformatics.** IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 27, n.7, p. 1051-1062. IEEE Press, 2005.

SCHALKOFF, R. J. **Pattern Recognition: Statistical, Structural, and Neural Approaches.** New York: Wiley, 1992.

SEARLS, D. B. **The language of genes**. Nature, v. 420, p. 211-217, 2002.

SHAPIRO, L.; STOCKMAN, G. **Computer vision**. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

SIMS, C.; JOHNSON, H. L. **The Elements of Scrum**. Dymaxicon, 2011.

SZELISKI, R. **Computer Vision: Algorithms and Applications**. Springer, 2010.

TRUCCO, E.; VERRI, A. **Introductory Techniques for 3-D Computer Vision**. Prentice Hall, 1998.

UNOLD, O. **Grammar-based classifier system for recognition of promoter regions**. In: Proceedings of the International Conference on Adaptive and Natural Computing Algorithms (ICANNGA). Lecture Notes in Computer Science, v. 4432, p. 798-805. Springer-Verlag, 2007.

WOYNAROVICH, E. **The Hydroelectric Power Plants and the Fish Fauna**. Verh. Int. Verein. Limnol, v.24, p.2531–2536, 1991.