

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

MIGUEL ANGELO PONTALTI GIORDANI

**PROPOSTA DE INTERFACE PARA O SISTEMA DE INFORMAÇÕES
AMBIENTAIS - SIA HIDRELÉTRICAS**

CAXIAS DO SUL

2017

MIGUEL ANGELO PONTALTI GIORDANI

**PROPOSTA DE INTERFACE PARA O SISTEMA DE INFORMAÇÕES
AMBIENTAIS - SIA HIDRELÉTRICAS**

Projeto de Diplomação submetido ao curso de Bacharelado em Tecnologias Digitais, da área do conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para graduação.

Orientadora: Prof. Dra. Elisa Boff

CAXIAS DO SUL

2017

MIGUEL ANGELO PONTALTI GIORDANI

**PROPOSTA DE INTERFACE PARA O SISTEMA DE INFORMAÇÕES
AMBIENTAIS - SIA HIDRELÉTRICAS**

Projeto de Diplomação submetido ao curso de Bacharelado em Tecnologias Digitais, da área do conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para graduação.

Aprovado em __/__/____

Banca examinadora

Prof. Dra. Elisa Boff

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Ms. Marcos Casa

Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Dra. Helena Grazziotin Ribeiro

Universidade de Caxias do Sul - UCS

AGRADECIMENTOS

Agradeço completamente a DEUS por ter me conduzido até hoje por uma vida de pesquisas e descobertas sobre mim e sobre o mundo a minha volta. A todas as pessoas que participaram do meu aprendizado, desde os momentos de descontração até os vislumbres mais sutis, sem vocês não haveriam forças para concluir esta etapa.

Agradeço a Universidade de Caxias do Sul por sediar minha caminhada nos estudos, desde minha infância até hoje. Agradeço também aos professores e alunos integrantes do curso de Tecnologias Digitais, que participaram comigo desta grande experiência multidisciplinar, desde as atividades de conversão de números decimais em binários até as discussões sobre temas filosóficos relacionados a relação Tecnologia e Ser Humano.

Agradeço ao grupo que fundou e dá suporte ao projeto SIA – Hidrelétricas, o Instituto de Saneamento Ambiental e as empresas Brookfield, Ceran, Certel e Hidrotérmica. Com certeza os ideais de harmonia entre sociedade e meio ambiente implícitos no projeto tiveram papel essencial em minha formação de caráter.

Agradeço aos colegas de trabalho do Instituto de Saneamento Ambiental pela amizade, apoio e orientação em todos os momentos, os almoços, saídas a campo, eventos acadêmicos e nas atividades diárias.

Por último e mais importante são os agradecimentos a minha família que sempre me apoiam nas grandes decisões de minha vida e fornecem estrutura para o meu caminho. Não há palavras para dimensionar a importância de vocês neste trabalho. Obrigado por tudo, amo vocês.

RESUMO

Na Era da Informação e de acelerado avanço tecnológico, os sistemas de informação devem exercer seu papel buscando a máxima utilidade dos dados e informações que manipula, bem como ser usável pelo usuário. O Sistema de Informações Ambientais SIA Hidrelétricas é um sistema que armazena dados de monitoramento ambiental da região da bacia Taquari-Antas e tem por objetivo servir a gestão ambiental apresentando relatórios sobre os dados monitorados, ser uma fonte de informações educativas e um gerenciador dos dados armazenados em seu banco de dados. Mas atualmente, o sistema oferece uma interface onde estes objetivos não estão explícitos e acabam por ser pouco explorados, principalmente quando observamos o seu potencial educativo, sendo necessário uma reorganização da estrutura das informações. Este trabalho propõe uma nova versão da interface deste sistema, adaptando sua arquitetura da informação com vistas a reforçar seus objetivos fundamentais e utilizando de tecnologias web mais atuais para aplicar o conceito de interface responsiva.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental. Arquitetura da informação. Responsividade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Página inicial do SIA.....	8
Figura 2: Ecologia da arquitetura da informação.....	13
Figura 3: Fases do Processo Unificado.....	16
Figura 4: Arquitetura cliente/servidor de três camadas.....	17
Figura 5: Arquitetura do SIA.....	18
Figura 6: Atividades do sistema - Nível de usuário x Módulo de dados.....	21
Figura 7: Página inicial e recursos do mapa do SIA.....	22
Figura 8: Página dados de monitoramento do ponto Forq 4 de qualidade da água.....	24
Figura 9: Página da espécie Sapajus apella.....	26
Figura 10: Páginas organizadas em função da categoria Objetivo.....	35
Figura 11: Paleta de cores da nova interface.....	38
Figura 12: Esquema da categorização.....	39
Figura 13: Página inicial da nova interface.....	40
Figura 14: Página inicial em resolução 360 x 640 pixels.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ISAM – Instituto de Saneamento Ambiental
DDS – Decision Support Systems
SIA – Sistema de Informações Ambientais
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
HTML – HyperText Markup Language
CSS – Cascading Style Sheets
SGBD – Sistema Gerenciador de Bancos de Dados
PHP – HyperText Preprocessor
MVC – Model View Controller
CRUD – Create Read Update Delete
RIA – Rich Internet Application
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
IQA – Índice de Qualidade da Água
IET – Índice de Estado Trófico
IT – Índice de Toxicidade
W3C – World Wide Web Consortium
SVG – Scalable Vector Graphics
UCD – User Centered Design
PICMEL – Programa de Iniciação em Ciências, Matemática, Engenharias, Tecnologias Criativas e Letras
AI – Arquitetura da Informação
IDE – Ambiente de Desenvolvimento Integrado

SUMÁRIO

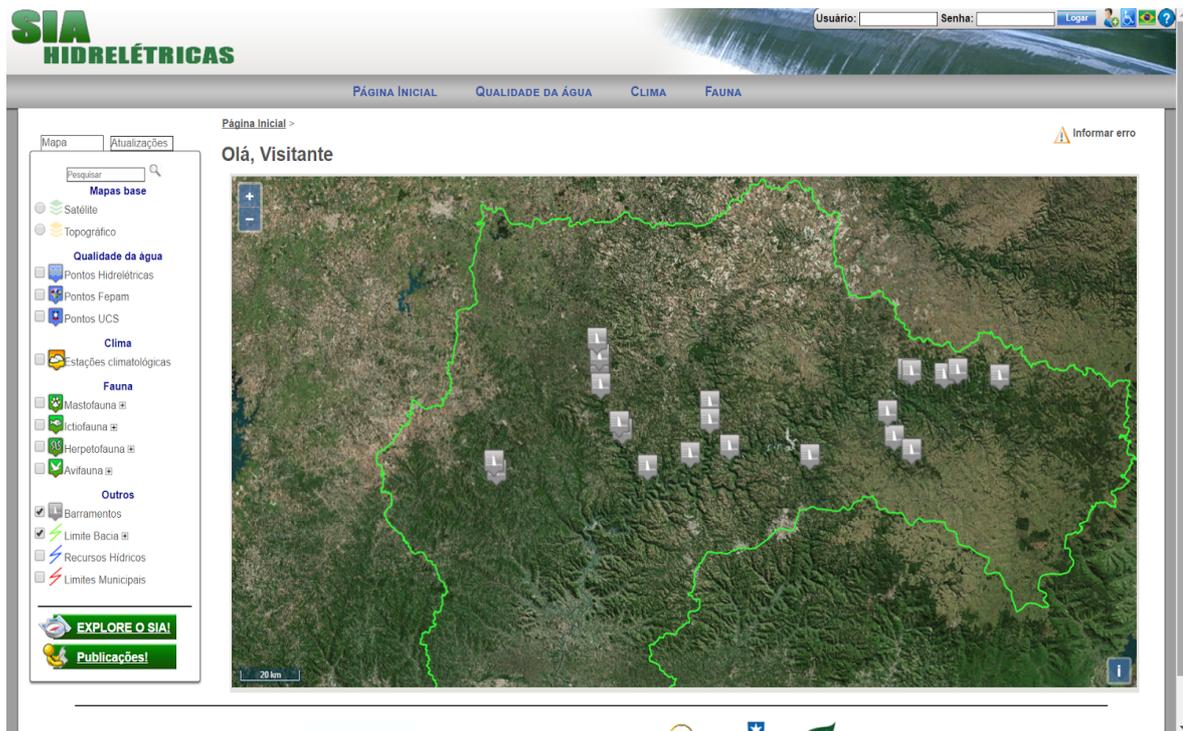
1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	9
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA.....	10
1.3 OBJETIVO GERAL.....	10
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.5 JUSTIFICATIVA.....	10
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
2 ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO.....	12
3 SIA - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS.....	15
3.1 ESTRUTURA.....	17
3.2 FUNCIONALIDADES E INTERFACE.....	19
3.2.1 Módulo de Qualidade da Água.....	23
3.2.2 Módulo de Fauna.....	25
3.2.3 Módulo de Clima.....	27
3.3 LIMITAÇÕES.....	27
4 TECNOLOGIAS PARA INTERFACES WEB.....	31
5 A NOVA VERSÃO DESENVOLVIDA PARA O SISTEMA SIA.....	33
5.1 SISTEMA DE ORGANIZAÇÃO.....	33
5.2 SISTEMA DE NAVEGAÇÃO.....	36
5.3 SISTEMA DE ROTULAÇÃO.....	37
5.4 RESULTADO.....	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

A Universidade de Caxias do Sul, em parceria com as hidrelétricas pertencentes à Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, iniciou em 2009 um projeto envolvendo o Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM (ISAM, 2017) e demais entidades da área visando contribuir para a preservação, monitoramento e análise do meio ambiente. Inicialmente, foi proposto o desenvolvimento de um banco de dados para armazenar dados gerados em monitoramentos de qualidade da água, climatologia e fauna na área das instituições instaladas na bacia, visando assegurar a análise semântica e espacial. Além do banco de dados, foi proposto o desenvolvimento de um sistema de informações, com a função de gerar relatórios de acordo com as necessidades da gestão ambiental, atribuindo a ele o conceito de Sistemas de Apoio à Decisão (Decision Support Systems - DSS). Conforme O'Brien e Marakas (2013), o papel de um DDS é “fornecer aos usuários administrativos finais o suporte *ad hoc* e interativo dos seus processos de tomada de decisão. Esse suporte seria adaptado às decisões exclusivas e aos estilos de tomada de decisão de gerentes à medida que eles confrontassem problemas específicos do mundo real”.

Surgiu então, o Sistema de Informações Ambientais – SIA (SIA, 2017), que reúne dados sobre a água, fauna e clima da bacia Taquari-Antas. O sistema tem por objetivo principal fornecer informações de forma rápida e consistente para órgãos ambientais como a FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM, 2017) e hidrelétricas envolvidas, bem como permitir a realização de análises da situação ambiental desta bacia hidrográfica e os impactos/alterações provocados pela instalação das hidrelétricas, além de outros eventos ambientais detectáveis nos dados. Ele atua gerenciando dados brutos sobre variáveis do meio ambiente, produzindo indicadores, análises estatísticas e relatórios, consulta aos índices de qualidade, comparação com legislação, além de georreferenciar essas informações por meio de um *webmapa* acessível na página inicial, conforme a Figura 1.

Figura 1: Página inicial do SIA



Fonte: <https://siambiental.ucs.br>

A utilização de ferramentas e métodos que permitam a manipulação e exibição de dados geográficos também classifica o SIA como Sistema de Informações Geográficas (SIG), que tem como objetivo principal fornecer suporte a análise espacial de fenômenos geográficos (CAMARGO, 1997). Um SIG permite capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados espaciais (CAMARA, 2001).

Tendo o objetivo servir como um sistema de gestão ambiental da região, existe uma grande preocupação junto a interface do usuário para uma correta interpretação das informações e agilidade de navegação. Conforme a norma da *International Organization for Standardization* (ISO, No 9241-11), *Guidance on usability* (1998), o termo usabilidade é conceituado como a capacidade de um produto ser utilizado por indivíduos em busca de atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação. Para que um sistema web alcance estes objetivos, utiliza-se o conceito de Arquitetura da Informação (AI), definida por Morville e Rosenfeld (2006) como a arte e a ciência de dar forma a produtos e experiências de informação para suportar a usabilidade e a *findability*, ou a capacidade de encontrar elementos no ambiente. Trazendo princípios de design e arquitetura para o ambiente digital, a Arquitetura da Informação (AI) busca assegurar o modelo arquitetural das informações corporativas voltadas ao atendimento das necessidades dos envolvidos.

A arquitetura de informação afeta diretamente os custos de encontrar uma informação e de não encontrá-la, os custos de construção e manutenção dos websites, os custos de treinamentos de funcionários e até a valorização da marca.

Morville e Rosenfeld(2006)

Devido ao crescente avanço nas tecnologias de interface web nos últimos anos, com o HTML5 e CSS3, por exemplo, o SIA se mostra desatualizado no que diz respeito aos padrões e tendências de design dos sistemas e de tecnologias de interface mais atuais, já que somente em 2014 surgiram novas recomendações sobre os padrões HTML5 (W3C, 2014). Além disso, a ampla utilização de *smartphones* para navegação na internet exige que o sistema seja responsivo e capaz de interagir com dispositivos móveis.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A análise técnica dos dados contidos no SIA permite a formulação de ações com vistas a minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades das hidrelétricas, sendo então classificado como uma ferramenta de gestão. Para alcançar este objetivo, a gestão dos dados deve ser feita corretamente, desde a inserção até a geração de informações, e neste processo, a interpretação é essencial para promover a coesão dos dados. Além disso, parte do sistema e de suas informações está disponível para consulta pública e com potencial educativo, podendo ser utilizado como fonte de consulta de estudantes e do público acadêmico.

Conforme Silva (2002), a Utilidade transcende a Usabilidade, sendo necessária a clara visão dos objetivos e funções principais antes de definir um formato de interação para a interface. Os objetivos fundamentais citados acima são essenciais e dependentes uns aos outros, mas que são atividades distintas e que exigem um novo planejamento de navegação por parte do usuário sempre que escolhe por um deles. Atualmente, a interface do SIA não está alinhada a eles, visto que as informações podem ser exibidas de forma mais acessível, sendo necessário retomar um planejamento da interface utilizando os recursos tecnológicos em favor destes propósitos.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Quais adequações devem ser desenvolvidas na interface gráfica e arquitetura do SIA a fim de melhorar a apresentação e localização das informações?

1.3 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo implementar uma nova versão da interface do SIA, adaptando sua arquitetura da informação para explicitar seus objetivos fundamentais e utilizando tecnologias web mais atuais, com vistas a aplicar o conceito de interface responsiva, para acesso por meio de dispositivos móveis.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explorar as possibilidades do HTML5 e do CSS3 a fim de desenvolver uma nova interface para o sistema;
- Aplicar o conceito de interface responsiva a fim de tornar a interface acessível por meio de dispositivos móveis;
- Melhorar a organização dos dados e informações do sistema.

1.5 JUSTIFICATIVA

A justificativa deste trabalho é o potencial informativo dos dados e informações do sistema sobre a bacia Taquari-Antas ainda não exploradas e também em função das novas tecnologias e métodos de visualização de dados, proporcionados pelos recentes avanços dos padrões web. Além disso, a interface atual não viabiliza a adição de novos elementos ambientais sem uma intervenção na interface.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado como segue. O capítulo 2 apresenta o tema Arquitetura da Informação, que é um conjunto de métodos para o desenvolvimento de interfaces, utilizados na elucidação do problema. O capítulo 3 descreve os aspectos técnicos, indicando as tecnologias e ferramentas utilizadas no seu desenvolvimento, e funcionais do SIA, explicando seu funcionamento e suas aplicabilidades, finalizando com as limitações que a proposta deste trabalho virá a sanar. O capítulo 4 apresenta um levantamento de tecnologias úteis e necessárias para que esta proposta seja implementada. No capítulo 5 a solução desenvolvida é descrita, indicando as modificações e as respectivas limitações sanadas. O capítulo 6 traz um levantamento das novas condições do sistema utilizando-se da implementação proposta. No capítulo 7 estão listadas as referências bibliográficas utilizadas para desenvolvimento deste trabalho.

2 ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO

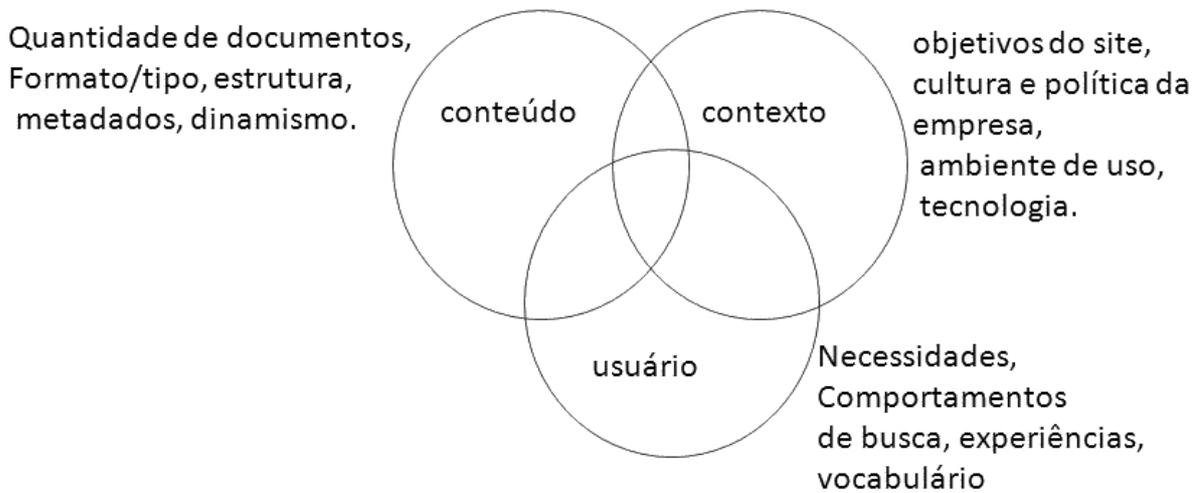
No cenário tecnológico atual, especificamente relacionado a internet, pode-se observar um dinamismo informacional acelerado e talvez a maior geração de conteúdos informativos já praticados pela sociedade. Conforme Agner (2012), a crise da sociedade atual é a de como transformar informação em conhecimento, e que mais informações deveriam representar maior compreensão para guiar nossa atuação no mundo, o que não acontece na prática.

Para que seja possível extrair o máximo conhecimento das informações, elas precisam ser minimamente localizáveis. Conforme Paiva (2012), recuperar a informação na internet está estreitamente ligada a organização. Para isso, desenvolve-se um conceito conhecido como Arquitetura da Informação (AI), para organizar conteúdos em websites, de modo que os usuários possam alcançar seus objetivos (PAIVA, 2012).

Conforme Rosenfeld e Morville (2006), a AI serve para facilitar a realização de tarefas e o acesso intuitivo a contextos e conteúdos virtuais, sendo este um tema emergente como contribuição científica. Ela é uma metodologia que traz fundamentos de biblioteconomia, gestão e ciência da informação, dentre outros conceitos, como design de interação, engenharia de usabilidade, comunicação, etnografia, psicologia da informação, modelagem de objeto.

Seu foco visa trazer princípios do design e arquitetura ao espaço digital, preocupada com o planejamento e implementação do design estrutural de ambientes de informação compartilhados. O arquiteto de informação preocupa-se em balancear as características e as necessidades dos usuários, do conteúdo e do contexto (Figura 2), buscando evidenciar as informações mais relevantes.

Figura 2: Ecologia da arquitetura da informação



Fonte: Adaptado de (MORVILLE; ROSENFELD, 2006).

Conforme Paiva (2012), no processo de AI estruturar, organizar e etiquetar são funções essenciais. Estruturar envolve determinar a granularidade adequada dos pedaços de informação, organizar significa juntar diversos elementos informacionais em categorias distintas e etiquetar é o ato de representar estas categorias e as séries de ligações existentes na navegação que conduz o usuário.

Morville e Rosenfeld (2006) dividem o processo de implementação da AI de um *website* em quatro sistemas interdependentes a serem planejados, constituídos por aplicações e regras, reunindo, em conjunto todos os elementos de interação entre usuário e ambiente.

1. Sistemas de Organização – Refere-se ao conjunto de regras de agrupamento e categorização das informações. Pode utilizar-se de diferentes esquemas, sendo caracterizados como os esquemas exatos, que são categorias bem definidas e mutuamente exclusivas, como o alfabeto, o tempo, a localização, sequências; e os esquemas ambíguos, que são categorias subjetivas baseado na ambiguidade inerente à língua e na subjetividade humana, ex: assunto (tema), tarefa, público-alvo, metáfora, híbrido. A classificação multidimensional (*Faced Classification*) é a classificação do mesmo conjunto de informações em diferentes esquemas (dimensões). Dificuldades como ambiguidade, heterogeneidade, multilocação, diferenças de perspectiva, políticas internas, estética, podem apresentar-se no processo. Estes esquemas são

apresentados em estruturas de organização, que definem formas primárias de navegação. As estruturas possíveis são: taxonomias, bancos de dados e redes. A taxonomia é uma hierarquia de navegação, bancos de dados refere-se a uma coleção de dados arranjados para facilidade e velocidade de recuperação, como um banco de dados relacional, e redes refere-se a estruturas não-lineares.

2. Sistemas de Navegação – Responsável por especificar a forma de navegar no sistema, de movimentação pelo espaço informacional e hipertextual. Normalmente se apresentam embutidas na interface, são as barras de navegação globais, locais e de contexto, o logotipo. Também podem ser apresentados em sistemas de navegação suplementares, como mapa do site, sumário, índice, ou visita guiada. A navegação avançada refere-se a recursos dinâmicos ou customizáveis, baseados no modelo de comportamento dos usuários, como lista de arquivos mais baixados.
3. Sistemas de Rotulação – Formas de representação das informações, os rótulos podem ser textuais ou icônicos. Muito relacionado a área da semiótica, para um sistema de rotulação coerente deve-se considerar a granularidade, completude, níveis de conteúdo, sintaxe, estilo, público.
4. Sistemas de Busca – São aplicações, ou funcionalidades do sistema para que o usuário solicite caminhos rápidos ao conteúdo desejado. Determina que perguntas o usuário poderá fazer, como ele poderá fazê-las e como serão apresentados os resultados.

A AI mostra-se como a área de estudo que pode responder a questão de pesquisa, apresentando as alterações necessárias para que a interface do sistema seja aprimorada em função dos objetivos deste trabalho.

3 SIA - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS

Localizada a nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a bacia hidrográfica Taquari-Antas abrange uma área de 26.428km² e possui características topográficas favoráveis a geração de energia por meio de barramentos hidrelétricos, com uma variação de altitude de 1000m a 5m desde as cabeceiras de rios até a foz, uma média de declividade acentuada de 4,8 m/km e com afluentes encaixados e muitas corredeiras (RIO GRANDE DO SUL, 2001).

Para a implantação de um novo barramento na bacia, observa-se que o órgão licenciador solicita análises de qualidade da água antes, durante e depois da construção, além do acompanhamento do impacto da fauna e clima da área por meio de campanhas de coleta de dados. Além disso, estes dados devem estar disponíveis para consulta pública.

Publicados em laudos e relatórios técnicos com formatos e atômica de dados diferentes, cada instituição geradora de energia apresentava individualmente sua situação ambiental, abrangendo somente áreas pontuais, e não correspondendo com a realidade de toda a bacia hidrográfica. Além disso, dados de pesquisas na área ambiental acabavam por não contribuir em sua máxima potencialidade com a gestão atual e com perspectivas futuras dos recursos naturais da região, por não estarem associados entre si.

Em meados de 2009, houve uma aproximação entre os empreendimentos geradores, por meio das empresas Brookfield Energia, Companhia Energética Rio das Antas (CERAN), Cooperativa Regional de Desenvolvimento de Teutônia (CERTEL) e Hidrotérmica S.A., e a Universidade de Caxias do Sul (UCS) por meio do Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM), com objetivo de solucionar estas dificuldades e aprimorar os processos relacionados a gestão dos dados destes monitoramentos. Deste encontro derivou o projeto “SIAmbientais - Sistema de Informações Ambientais para Gestão Ambiental dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas trecho Antas”.

Neste projeto foi desenvolvido um banco de dados e sistema de informações em plataforma web para armazenar dados ambientais da bacia hidrográfica Taquari-Antas e sintetizar os dados em informações para consulta pública e principalmente gestão ambiental por meio de recursos de interface interativos, como o *webmapa*, gráficos e tabelas. Este sistema foi denominado SIA - Sistema de Informações Ambientais.

O processo de desenvolvimento do SIA é baseado no Processo Unificado (LARMAN, 2007) para conduzir e gerenciar as fases do desenvolvimento. Vale ressaltar que foi feita uma

customização do processo unificado e não foram utilizados todos os artefatos nas etapas do projeto.

As quatro fases para o desenvolvimento do sistema (Figura 3) e suas respectivas etapas principais são:

1. Concepção (Estudo de viabilidade e Análise de requisitos);
2. Elaboração (Análise e Projeto);
3. Construção (Geração de Código e Teste);
4. Transição (Instalação e Manutenção).

Figura 3: Fases do Processo Unificado



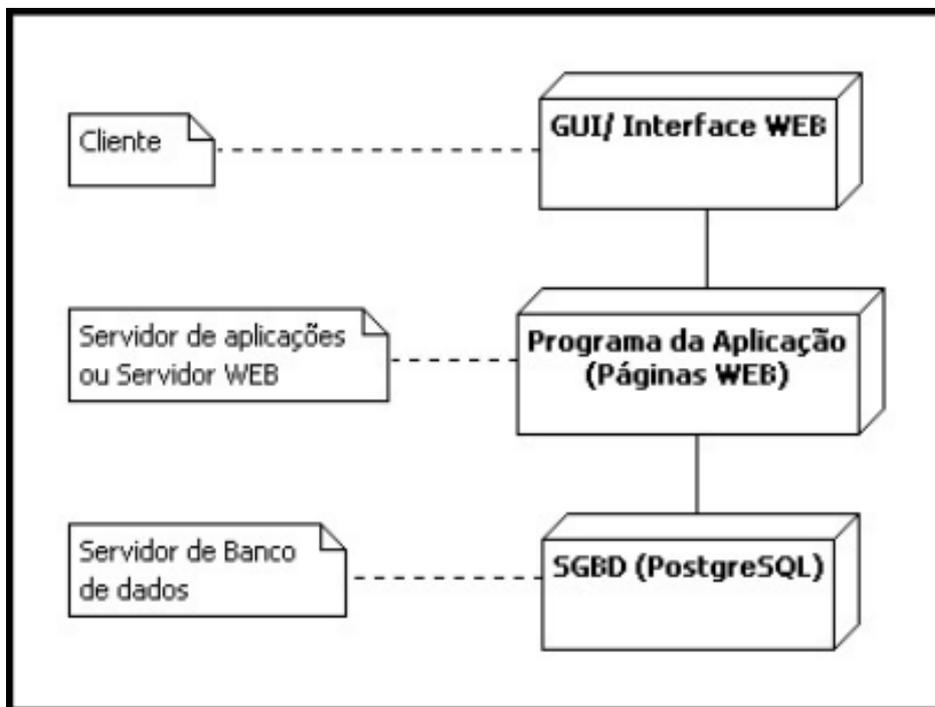
O processo é iterativo e incremental, visto que o sistema foi dividido em partes e, estas partes foram desenvolvidas uma em cada ciclo. Em um ciclo foram executadas todas as fases. Deste forma, a cada ciclo (iteração), foi disponibilizado (incrementada) aos usuários uma nova funcionalidade.

Estando presente na internet, o sistema está disponível ao público em geral, aos empreendedores e meios reguladores, e a comunidade acadêmica, sendo acessível a cada um deles com diferentes níveis de acesso. O público têm acesso a funcionalidades em nível informativo e educativo, tornando-se um recurso para aprendizagem. Os gestores têm acesso às ferramentas indicadoras da situação ambiental, podendo cruzar informações de clima, qualidade da água e fauna, qualificando a tomada de decisão. E para o meio acadêmico, além da aplicação educacional, o sistema é uma ferramenta de aplicação científica.

3.1 ESTRUTURA

O SIA é um sistema em plataforma web utilizando a arquitetura cliente/servidor de três camadas para aplicações web (ELMASRI e NAVATHE, 2005). A Figura 4 mostra a comunicação e os componentes das 3 camadas. Por definição, as funções de camada são respectivamente: Interface com o usuário, regras de aplicação e acesso aos dados (ELMASRI e NAVATHE, 2005) e serão melhor caracterizadas na sequência.

Figura 4: Arquitetura cliente/servidor de três camadas



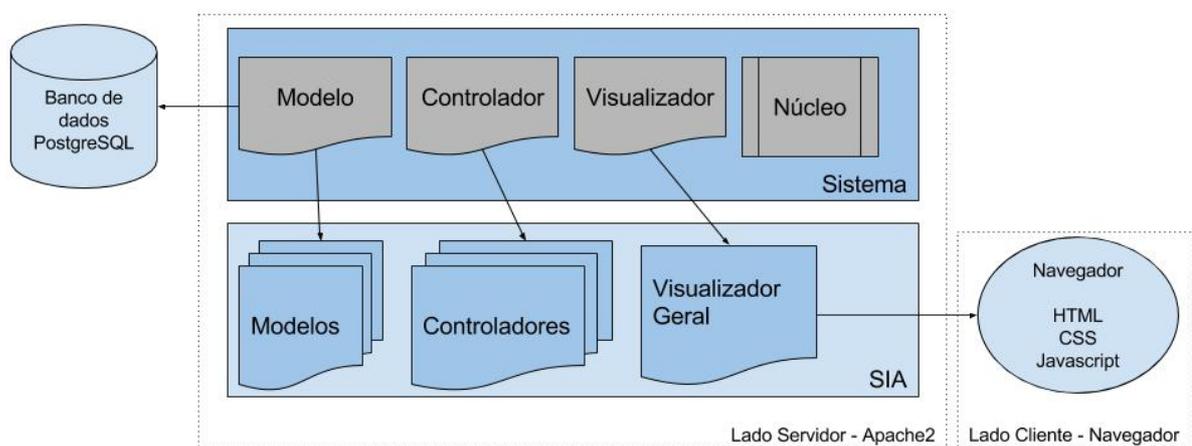
Fonte: Adaptado de (ELMASRI e NAVATHE, 2005)

Na camada Servidor de Banco de Dados, o sistema gerenciador de banco de dados utilizado é o PostgreSQL, que é um SGBD objeto-relacional de código aberto distribuído sob licença livre (THE POSTGRES GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2017). Agregado a ele, o módulo PostGIS faz o tratamento e operações dos dados geográficos armazenados (POSTGIS, 2017). Com vistas a modelar o banco de dados preparado para operações de Data Warehouse, optou-se por utilizar a modelagem dimensional com esquema *snowflake* (flocos de neve) propostas por Kimball (2002).

Na camada Servidor de Aplicação, em que os dados são preparados tanto para serem exibidos quanto armazenados, o servidor Apache2 tem a função de receber as requisições e retornar o conteúdo aos clientes compilando os códigos programados usando a linguagem PHP orientada a objetos. Estes códigos ficam organizados conforme o padrão de arquitetura de software MVC (*Model View Controller*), que visa separar a interface do usuário da lógica de apresentação, permitindo o desenvolvimento, teste e manutenção isolado de ambos. O modelo contém todo o conteúdo e a lógica de processamento específicos à aplicação, inclusive todos os objetos de conteúdo, acesso a fontes de dados/ informações externas e toda a funcionalidade de processamento específica para a aplicação. A visão contém todas as funções específicas à interface e possibilita a apresentação do conteúdo e lógica de processamento, inclusive todos os objetos de conteúdo, acesso a fontes de dados/informações externas e toda a funcionalidade de processamento exigida pelo usuário. O controlador gerencia o acesso ao modelo e à visão e coordena o fluxo de dados entre eles (PRESSMAN; MAXIM, 2016).

Conforme deu-se o desenvolvimento do SIA, e seu tamanho e complexidade foram aumentando, foi necessário a abstração de funções e métodos comuns a todas as páginas, surgindo então o *framework* Sistema, que define as diretrizes no topo da hierarquia das classes da arquitetura MVC, sustentando os controladores, modelos e visualizadores específicos aos dados do objeto de pesquisa (Figura 3). Além disso, a separação deste núcleo de operações proporcionou que o Sistema pudesse servir também a outros sistemas de informações desenvolvidos no ISAM.

Figura 5: Arquitetura do SIA



Fonte: O Autor

Esta estrutura permitiu a geração automática de grande parte do código-fonte do SIA, mais especificamente todas as operações CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) referente a cada tabela do banco de dados. Um controlador, um modelo, uma classe de objeto e um *template* são gerados pela ferramenta *GeradorDeCrud*, também desenvolvida pela equipe do ISAM e agregada ao núcleo do Sistema.

Outra característica relevante é a utilização do *framework* Smarty Template Engine, que é um pré-processador de arquivos hipertexto, que interpreta arquivos *.tpl* e que mesclam códigos HTML e a notação do próprio Smarty, implementada em PHP. Durante a execução, ele opera após as lógicas do modelo e controlador, especificamente atrelado ao método de renderização das páginas, de responsabilidade da classe *Visualizador.class.php*, sendo o último processo no lado servidor e encaminhando os arquivos HTML formatados.

No lado cliente o HTML, CSS e a linguagem Javascript são utilizados respectivamente para estruturação, estilização das páginas e para a dinamização e auxílio na exibição de informações. Os recursos utilizados na interface para a exibição de dados e informações se tornam acessíveis por meio da utilização de *frameworks* em Javascript, com vistas a proporcionar uma experiência conhecida como *Rich Internet Application* (RIA) ou Aplicação de Internet Rica, que refere-se a interfaces menos estáticas e mais interativas, semelhantes a aplicações *desktop* (VARASCHIN; SATO; ZEM-LOPES, 2013), que praticamente pode ser caracterizada no SIA pela exibição de gráficos cartesianos, de barra e pizza, a exibição de mapas e de dados em tabelas dinâmicas, entre outros.

3.2 FUNCIONALIDADES E INTERFACE

Como funcionalidades gerais do SIA, foram desenvolvidas ferramentas para assessorar atividades comuns a todos níveis de usuário. Para uma manutenção contínua, um sistema de cadastro de erros foi criado para a comunicação do usuário com os administradores. Em sentido contrário, a apresentação de novas funcionalidades, correções e atualizações são exibidas ao usuário. Outra aplicação do sistema é a biblioteca de publicações, que tem por objetivo concentrar todas as publicações relacionadas ao SIA e a bacina, com cadastro do resumo do trabalho, informações de local da publicação, autores, etc. Também foi

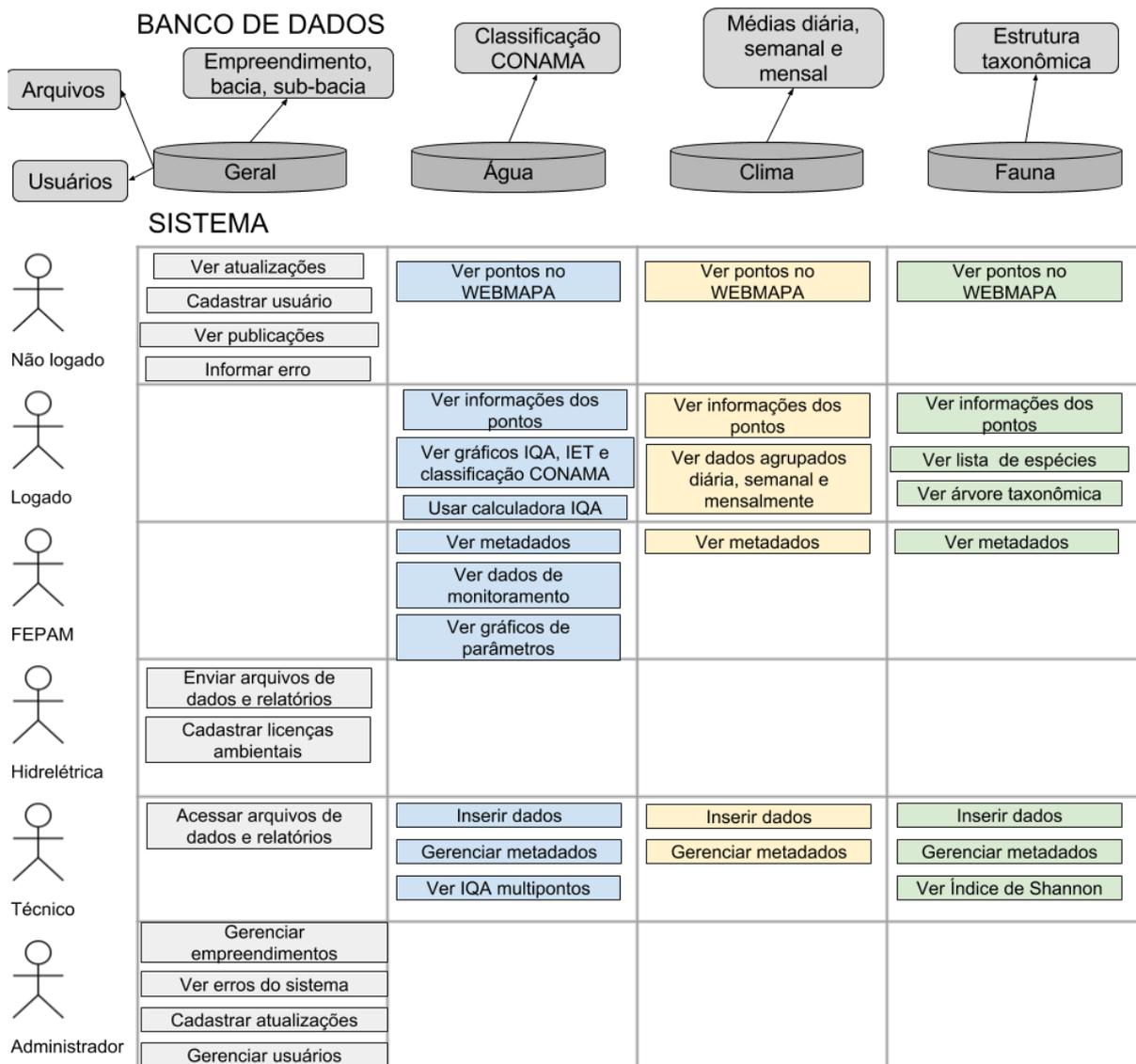
desenvolvido um sistema de envio de arquivos com um chat embutido, para que os usuários das hidrelétricas possam enviar os laudos e relatórios das coletas e possa haver uma comunicação direta sobre o arquivo entre o usuário técnico e empreendedor.

Mesmo sendo públicos os dados brutos do sistema, um controle de usuários foi necessário para limitar o acesso a informações geradas sobre os dados brutos de acordo com a necessidade de cada ator no sistema. Inicialmente foram definidos os seguintes níveis de usuários e suas devidas funções:

- Usuário Administrador - O usuário administrador tem a função de gerenciar os demais usuários, analisar os acessos e cadastrar as atualizações do SIA;
- Usuário Técnico - O técnico é um usuário que terá permissões para fazer a inserção dos dados brutos no banco de dados e fazer ajustes das informações comuns como métodos, laboratórios, parâmetros e unidades, descrições de pontos e interpretações de resultados;
- Usuário Hidrelétrica - Este usuário tem permissão para ver todas as informações no sistema além de poder disponibilizar os dados brutos das campanhas dos programas de monitoramento de suas usinas e centrais hidrelétricas;
- Usuário FEPAM - Este tipo de usuário terá acesso a todas as informações disponibilizadas pelas hidrelétricas tendo o mesmo acesso a informações que o usuário hidrelétrica tem, mas sem a possibilidade de envio de novas campanhas;
- Usuário web (Autenticado) - Este usuário é o usuário comum que terá permissões para acessar as consultas básicas, visualizar dados, gráficos e índices de acesso público;
- Usuário web (Não Autenticado) - É o usuário não autenticado que poderá ler algumas informações sobre o projeto, ver o web mapa e se cadastrar no sistema;
- Usuário especial - Este usuário é um usuário que através de uma solicitação via sistema (necessário montar um formulário) solicita o acesso a informações e dados brutos de determinados pontos e tem as permissões concedidas/aprovadas pelo responsável do monitoramento do ponto.

Praticamente, o nível de usuário não-logado é o nível com menor acesso e o de administrador maior, sendo que, o maior herda as funções do menor. As atividades associadas a cada nível de usuário são apresentadas na Figura 6.

Figura 6: Atividades do sistema - Nível de usuário x Módulo de dados



Fonte: O autor

Além de mostrar as atividades de cada nível de usuário, a Figura 4 também separa as atividades e funções de acordo com a camada onde é processada, ou seja, no banco de dados ou no sistema *web*, e também de acordo com cada módulo de informação: qualidade da água, clima e fauna, que serão melhor descritas a seguir.

Figura 7: Página inicial e recursos do mapa do SIA



Fonte: <https://siambiental.ucs.br>

A página inicial do SIA-Hidrelétricas, também exibida na Figura 5, possui um *webmapa*, onde diversas informações gerais e de cada elemento ambiental monitorado estão centralizadas e é onde se inicia a navegação de todos usuários. Dados espaciais de sub bacias, recursos hídricos, limites municipais, pontos dos barramentos, de coleta de qualidade da água, de clima e fauna (herpetofauna, avifauna, mastofauna, ictiofauna), pontos de ocorrência de espécies, podem ser exibidas no mapa com a seleção das mesmas no menu lateral. Além da análise espacial, clicando nos elementos encontrados no mapa, são exibidos balões com informações e *links* para outras páginas. Fora do mapa, são encontrados botões para acessar a Biblioteca de Publicações do sistema, a página de ajuda e de informar erro.

O envio de dados por parte das instituições geradoras de dados ocorre por meio do sistema de envio de arquivos. Nele, é possível carregar uma planilha com os dados estruturados, para que os usuários de nível técnico possam inseri-los adequadamente no banco de dados. O arquivo enviado normalmente refere-se a uma campanha de coleta de dados e é caracterizado com informações como descrição, programa de monitoramento, empreendimento, etc. Um chat está acoplado ao sistema de envio de arquivos. Sua função é possibilitar a troca de mensagens entre o técnico do sistema e o gerador de dados para solução de dúvidas e problemas relativos aos arquivos de dados enviados pelo gerador.

Com vistas a registrar a procedência dos dados ambientais, os dados de uma campanha ficam associados diretamente ao seu ponto de monitoramento, que por sua vez

integra um programa de monitoramento de um empreendimento hidrelétrico ou de um projeto de pesquisa de uma instituição.

Ao acessar a página do empreendimento, é possível consultar todos os pontos a ele atribuídos, assim como os projetos de pesquisa. Além destas referências explícitas, consultas espaciais são feitas, graças ao suporte a dados geográficos. Ao acessar as páginas das sub bacias por meio do mapa, é exibida uma lista de pontos de monitoramento contidas na área do polígono referentes às sub bacias (SPIANDORELLO et al., 2017). Também será possível trabalhar com consultas em função da área de um município e da proximidade de recursos hídricos, mas estas funcionalidades ainda não foram implementadas, pois os dados geográficos em questão ainda não estão armazenadas no banco de dados.

Além da lista de pontos relacionadas e das informações gerais exibidas na página dos barramentos e das sub bacias, a concentração de resultados sobre o conjunto de dados na página favorece a gestão ambiental, agilizando a coleta de informações sobre a situação apresentada pelos dados do empreendimento, ou dados coletados na área das sub bacias. Atualmente, estas páginas apresentam duas operações sobre os dados nestas dimensões: a classificação CONAMA e o Índice de Shannon, que serão melhor explicados nos itens 2.2.1 e 2.2.2 referentes ao módulo que pertencem.

O SIA foi dividido inicialmente em três módulos, relativos aos elementos ambientais monitorados, o módulo de Qualidade da Água, Clima e Fauna. Cada um deles possui uma estrutura de navegação entre suas respectivas informações, sendo cada uma resultado da própria modelagem dimensional e da necessidade de apresentação das informações do monitoramento ambiental de acordo com os níveis de usuário. Conforme a Figura 4, podemos observar como as páginas estão distribuídas em cada módulo de dados e em cada nível de usuário. O conjunto de dados de monitoramento de cada módulo podem ser acessados por meio do mapa principal e também indiretamente pelas dimensões a quem se relacionam. A seguir, serão melhor descritas as características de cada módulo do sistema.

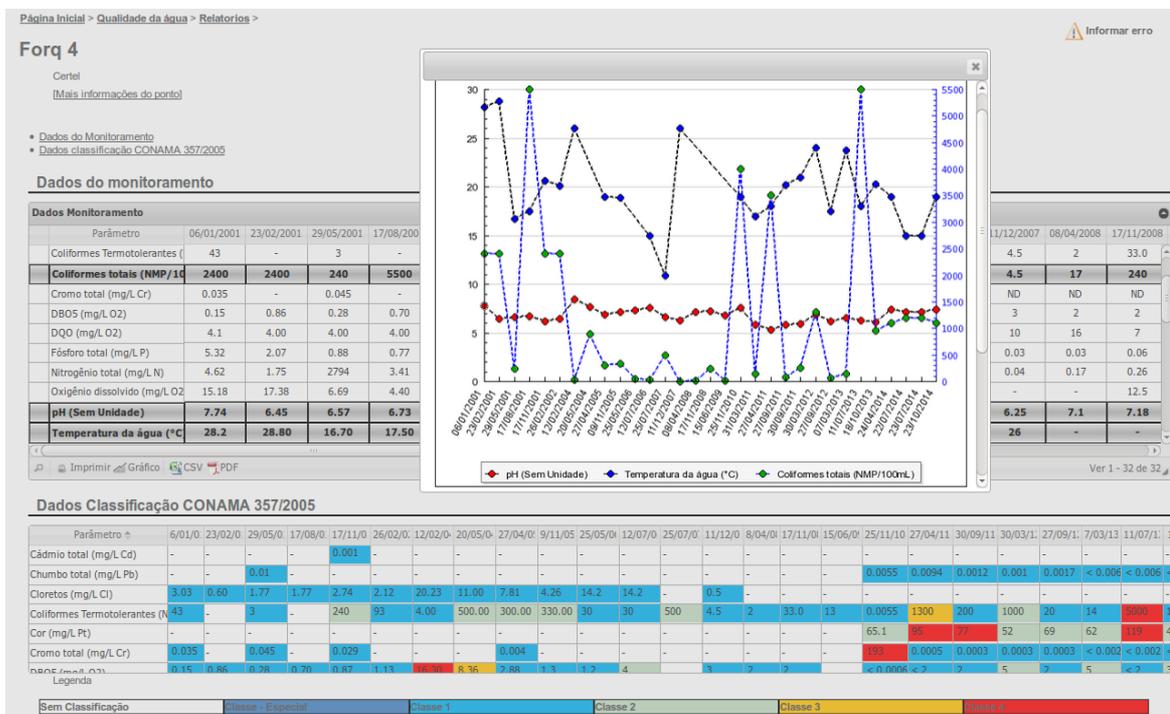
3.2.1 Módulo de Qualidade da Água

Os dados de monitoramento do módulo de Qualidade da Água possuem maior volume de dados no sistema e também diversas funcionalidades, desde a inserção até a exibição da informação. Junto a inserção dos dados, o SIA conta com procedimentos de

avaliação dos valores medidos, classificando-os segundo a CONAMA (2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Estes procedimentos são executados na camada de banco de dados por *Stored Procedures*, que são funções associadas ao SGBD por intermédio da ferramenta Plv8¹. Estas funções são implementadas na linguagem *Javascript*, e são acionadas por *triggers* (gatilhos).

A dimensão que centraliza os dados e informações do módulo é o ponto de monitoramento. Nas páginas do ponto são mostrados os diversos valores de parâmetros físico-químicos, que são os dados elementares do módulo, coletados nas diversas campanhas de monitoramento feitas mostrando também a Classificação CONAMA, com as células coloridas de acordo com classe atribuída na inserção (Figura 8). Além dos dados de monitoramento, para cada ponto são geradas outras informações, apresentados em tabelas e gráficos, como o IQA - Índice de Qualidade da Água (BIGOLIN et al., 2008), IET - Índice de Estado Trófico e IT - Índice de Toxicidade. Para a apresentação dos dados são utilizadas tabelas, com funções de exportar relatórios em formato PDF e planilhas em CSV, bem como gerar gráficos com o período desejado e com ajuste de escalas.

Figura 8: Página dados de monitoramento do ponto Forq 4 de qualidade da água



Fonte: <https://siambiental.ucs.br>

Algumas dimensões da qualidade da água ainda não são exploradas. Cada campanha de monitoramento de um ponto possui diversos dados relacionados que as dão consistência. Estes dados relacionados, como todos os parâmetros, métodos de análise e coleta, laboratórios e pontos também são variáveis dentro do sistema, mas ficam acessíveis somente a usuários de nível técnico, para que possam fazer os devidos relacionamentos no momento da inserção dos dados de monitoramento.

Por todas as páginas citadas até o momento, diversas descrições e textos técnicos exercem o papel de instruir aos elementos a que se referem, sejam eles parâmetros, métodos, índices. Tendo em vista esse potencial educativo, também foram desenvolvidas funcionalidades com esse objetivo, como a Calculadora IQA implementada para que professores possam trabalhar com o tema com seus alunos (SUZIN et al., 2015).

Nas páginas do empreendimento e sub bacia também podem ser obtidos resultados mais abrangentes. Junto à lista de pontos de monitoramento de qualidade da água, são apresentadas as datas e a classificação CONAMA da última campanha de monitoramento. Também é possível analisar a qualidade da água de vários pontos no mesmo gráfico, com a funcionalidade IQA Multipontos, selecionando os pontos de coleta e o período desejado, retornando os resultados do cálculo do Índice de Qualidade da Água.

3.2.2 Módulo de Fauna

Os métodos de inserção de dados de fauna assemelham-se aos de qualidade da água, visto que suas estruturas de dados são semelhantes. Os dados elementares monitorados são os registros de quantidade e ocorrência de espécies nos pontos atribuídos a uma campanha de monitoramento, e que também possuem diversas informações para caracterização dos mesmos.

Por meio do mapa principal (Figura 5), podem ser acessados as páginas dos pontos de monitoramento. Estes pontos são exibidos de acordo com seu grupo faunístico, sendo eles mastofauna, ictiofauna, herpetofauna e avifauna. Nas páginas do ponto, são apresentadas as espécies catalogadas na localização geográfica em questão desde a primeira coleta até a última. Também pode ser calculado o Índice de Shannon do ponto, que indica a diversidade das espécies no ponto (SACHINI et al., 2014).

Além dos pontos de monitoramento, o menu lateral do mapa permite navegar pela árvore taxonômica a partir do grupo faunístico, e escolher uma espécie para ser observada individualmente no webmapa. E, na página de cada espécie (Figura 7) são exibidas informações como nome científico da espécie, data do último registro, a qual empreendimento está associado e imagens da espécie, além de fotos de exemplares de animais. Estas informações vistas isoladamente podem representar uma biblioteca de espécies da região da bacia Taquari-Antas, podendo ser utilizada para o estudo deste ecossistema. Além disso, dados relacionados ao monitoramento também podem ser utilizadas no ensino, como métodos de coleta de ocorrência de espécies e a própria estrutura de árvore taxonômica e suas características de classificação.

Figura 9: Página da espécie *Sapajus apella*

problema com alguma funcionalidade favor informar erro.

Página Inicial > Fauna > Espécie >

Espécie: *Sapajus apella*

É uma espécie de macaco-prego, um macaco do Novo Mundo da família Cebidae e gênero Sapajus. É a espécie-tipo. Os machos possuem entre 38 e 46 cm de comprimento, e a cauda tem entre 38 e 39 cm; pesam entre 2,3 e 4,6 kg. As fêmeas pesam entre 1,3 e 3,4 kg. A pelagem é comprida e densa, com o tronco tendo uma coloração marrom escura, com as partes ventrais avermelhadas ou amareladas. Os membros, o topete e a cauda são pretos. Se alimenta de frutos e sementes, mas também preda pequenos vertebrados.

Nome com autor e ano: *Sapajus apella* (Linnaeus, 1758)

Nomes populares

- macaco-prego

Fonte: wikipédia.org

Taxonomia

- Reino: *Animalia*
- Filo: *Chordata*
- Classe: *Mammalia*
- Ordem: *Primates*
- Família: *Cebidae*
- Gênero: *Sapajus*

Fotos

Relatórios por espécie

- Locais encontradas

Fonte: <https://siambiental.ucs.br>

Para resultados mais abrangentes sobre a fauna na região, é possível cruzar os dados de vários pontos e gerar o Índice de Shannon para cada sub bacia ou para cada empreendimento.

3.2.3 Módulo de Clima

O sistema de inserção de dados deste módulo se distingue dos outros dois pois não é necessário que os dados sejam planilhados como no módulo de fauna e qualidade da água. Neste caso, como os próprios aparelhos de medição exportam um arquivo estruturado, em formato CSV, o procedimento de inserção exige somente que cada coluna do arquivo seja identificada para que o método se ajuste. Como estes arquivos possuem grande tamanho por serem medições de cinco em cinco minutos, o sistema os divide e disponibiliza suas partes para a inserção propriamente dita, para que os dados não sejam perdidos. O último passo do método de inserção, para que os dados sejam exibidos no sistema, é a operação de Agrupamentos, que gera médias aritméticas dos valores medidos na hora, no dia e no mês, e são inseridos em outras tabelas do banco de dados, para que possua maior agilidade e velocidade nas consultas.

Os dados de clima monitorados pelas hidrelétricas podem ser acessados pelo mapa principal (Figura 5), por intermédio dos pontos de estações climatológicas cadastradas. Ao clicar no ponto, é possível ver o nome da estação e a instituição a quem está vinculada, além de poder acessar página de dados da mesma.

A página de dados da estação climatológica apresenta as tabelas dos parâmetros climáticos monitorados, que podem ser exportados como PDF e CSV, além da geração de gráficos. Os parâmetros são temperatura, vento, precipitação, umidade relativa, radiação solar e pressão atmosférica, e para cada um dos parâmetros existem textos informativos auxiliando os usuários na interpretação das informações dispostas.

3.3 LIMITAÇÕES

O desenvolvimento do SIA até então atentou-se muito a gestão dos dados e das informações que manipula. Com seu banco de dados modelado dimensionalmente, usando o esquema *snowflake* (flocos de neve), resultou-se em uma representação adequada das dimensões das tabelas mais importantes para o monitoramento ambiental. Esta modelagem proporcionou um mecanismo de manipulação de dados eficiente quando utilizada as operações CRUD no sistema para cada dimensão (tabela) do banco de dados. A partir de

consultas SQL e a implementação de relatórios acessíveis pela interface, considerando o mapa principal, as páginas dos pontos monitorados com seus indicadores, as páginas do empreendimento e sub bacia, conclui-se que o sistema atende seus objetivos iniciais e dá suporte à continuidade do desenvolvimento do sistema.

No decorrer do tempo, com a constante reavaliação e implementação de novas funcionalidades promovida pela metodologia de desenvolvimento, observou-se um aumento no nível de entropia do sistema, ou seja, um estado de desordem, que dificulta a navegação do usuário e reduz o nível de encontrabilidade das informações.

A interface atual organiza o conteúdo do SIA em função dos módulos relativos aos elementos ambientais, qualidade da água, clima e fauna. Esta categoria refere-se ao próprio conteúdo abordado pelo sistema, mas a representação desta categoria é redundante na interface, pois é exibida na navegação global, local e em determinadas áreas também aparecem na navegação de contexto, ou, conteúdo.

Além disso, e, principalmente no caso de outros elementos ambientais serem abordados no sistema, seria necessário a remodelagem da interface em todas estas áreas. Um exemplo de informações a serem acopladas, são as de produção animal da bacia, que geram impactos e, se associados aos dados de qualidade da água, clima e fauna podem contribuir com a tomada de decisão dos gestores ambientais.

Além disso, caso o usuário esteja buscando, por exemplo, um conteúdo descritivo sobre o Índice de Qualidade da Água, ele somente poderá encontrar a página por meio dos relatórios de monitoramento onde o índice aparece. Outros exemplos são as informações a quem os dados de monitoramento fazem referência para sua própria coesão, como métodos de coleta e análise de cada parâmetro de qualidade da água, a árvore taxonômica das espécies registradas, condições climáticas dos monitoramentos, dentre outras. Estas são informações que possuem um potencial educativo, ou instrutivo, tanto para estudantes como para técnicos da área, mas que não possuem um ambiente organizado para uma navegação com estes fins.

Com vistas à avaliação de interfaces gráficas, Nielsen (1994) apresenta quatro diferentes métodos de inspeção de avaliação de usabilidade, sendo eles de inspeção, heurísticos, percurso cognitivo e conformidade com padrões. Um trabalho anterior já havia utilizado destes métodos para avaliar a interface do módulo de qualidade da água do SIA, e também propunha modificações importantes. O trabalho de conclusão de curso de especialização, intitulado “Proposta de melhoria em um sistema de informações ambientais aplicando teorias de design de interação”, de Lorenzetti (2013), fez o levantamento de diversas limitações pontuais e propostas de melhoria da interface atual no que diz respeito a

heurísticas de usabilidade. Alguns ajustes propostos já foram feitos, outros serão levados em consideração na implementação da nova interface, sendo eles apresentados na Tabela 1. A análise apresentada no trabalho de Lorenzetti (2013) serve de referência para a elaboração da nova interface do SIA, tema deste trabalho.

Tabela 1: Relação de melhorias apontadas para o SIA

	Área	Alteração	Justificativa
1	Página principal	Remover o texto "Olá visitante" acima do mapa.	Informação redundante, o nome do usuário autenticado já está presente do topo da página. Este espaço pode ser utilizado para aumentar a área de apresentação do mapa.
2	Página principal	Remover a opção de Atualizações presente nos filtros.	Esta informação é pouco acessada, por isso o ideal é alterar seu lugar para uma área de menos destaque na interface. Por padrão os sistemas web possuem essas informações no canto superior direito da página.
3	Página principal	Alterar o link "Informar o erro" da área do mapa para o menu superior com uma mensagem mais amigável para o usuário como "Entre em contato".	O ícone de inconformidade utilizado faz com que o usuário tenha a sensação de que cometeu alguma coisa errada pra mostrar este alerta. O link "Informe o erro" raramente é utilizado, por isso, seria apropriado remover ele da área de destaque e inseri-lo em segundo plano no menu disponível no topo da página.
4	Menu superior	Alterar ícone "Sair do sistema" que está representado por um cadeado pelo texto "Sair" ou para outro ícone que esteja relacionado a <i>logoff</i> .	O cadeado está relacionado a bloqueio de ação, privacidade.

5	Menu superior	Alterar a descrição do botão "Logar" por termo em português, como por exemplo, "Entrar".	Deve ser utilizada a padronização dos termos na interface, deve-se evitar utilizar mais de um idioma para a nomeação dos rótulos.
---	---------------	--	---

Fonte: Adaptado de (LORENZETTI, 2013)

Com o grande avanço das tecnologias web nos últimos anos por meio dos novos padrões da W3C (2017), desde a ampla utilização da internet e os avanços tecnológicos e científicos associados, podemos destacar técnicas e ferramentas mais recentes que podem melhorar a interação entre sistema e usuário, desde os aspectos técnicos de interface e também ao potencial de representação do objeto de estudo que as informações geradas possuem.

4 TECNOLOGIAS PARA INTERFACES WEB

Desde o início do desenvolvimento do SIA, sabia-se da necessidade de utilização de tecnologias de interface para a exibição e interatividade do usuário com o sistema. A adoção de *frameworks* ao SIA é criteriosa, considerando se os padrões indicados pela W3C são seguidos, se suas licenças não exigem investimentos para sua utilização e que sejam constantemente atualizados.

Um dos primeiros e mais populares *frameworks* em linguagem Javascript foi o JQuery². Utilizado em muitas páginas do sistema, ele é um componente de abstração de métodos da linguagem Javascript que, além de auxiliar na codificação, fornece recursos para que outros *frameworks* surjam dele, como o JQGrid³, que controla tabelas dinâmicas e o JQueryUI⁴, que gera recursos interativos na interface, ambos utilizados no SIA.

Os mapas interativos do sistema são operados pelo *framework* OpenLayers⁵. Ele controla a exibição de camadas de dados geográficos, ações do usuário como controle do zoom e posição no mapa e cliques nos dados geográficos, além de manter a comunicação com os fornecedores das imagens de satélite exibidas no canvas.

Já os gráficos gerados no sistema são renderizados pelo C3.js⁶ que controla a exibição de gráficos do tipo linha, pizza, barras, dentre outros. Este porém, é uma abstração de um *framework* de manipulação de documentos baseados em dados, o D3.js⁷, que possibilita apresentações interativas e dinâmicas de dados. A adoção destas ferramentas gráficas no SIA é abordada por Spiandorello et al. (2016), que também descreve a tecnologia Scalable Vector Graphics (SVG) utilizada por algumas destas bibliotecas.

Todos os *frameworks* citados acima são mantidos pela própria comunidade de programadores que as utilizam e estão constantemente sendo atualizados em repositórios públicos como o Github⁸.

Com o surgimento dos novos padrões web, especificamente relacionada a linguagem de estruturação HTML5, muitas possibilidades novas surgiram para o aprimoramento das interfaces. As novas *tags* HTML proporcionam uma atenção maior ao conteúdo semântico de

2 Disponível no endereço: <https://jquery.com/>

3 Disponível no endereço: <http://www.trirand.com/blog/>

4 Disponível no endereço: <https://jqueryui.com/>

5 Disponível no endereço: <https://openlayers.org/>

6 Disponível no endereço: <http://c3js.org/>

7 Disponível no endereço: <https://d3js.org/>

8 Disponível no endereço: <https://github.com/>

uma página, caracterizando as seções principais do sistema por meio de *tags* mais específicas e também auxiliando os sistemas de busca, para a aproximação dos usuários da internet ao conteúdo desejado. Para avaliar a estrutura HTML de um site conforme os padrões indicados, pode ser utilizado o validador da W3C⁹.

A *tag* <canvas> oferece um benefício inovador. É definido como um *container* para desenhos gráficos, semelhante a uma tela gráfica, que possibilita que o código Javascript controle aplicações como jogos, animações e outros elementos visuais em tempo real no seu espaço definido na tela. Nela, aplicações como o mapa ou como gráficos podem ser executados. Também está disponível uma nova forma de armazenamento local de informação nas aplicações web de até 10MB, sendo uma alternativa ao uso de *Cookies*, que permitem somente uma média de 4KB, além de ser mais seguro. A funcionalidade *WebWorkers* possibilita que a execução do código Javascript possa ser dividida em processos separados que executam paralelamente, evitando que a experiência do usuário seja afetada por alguma operação de execução que o impeça de continuar a navegação na página.

Estas e outras habilidades da nova versão do HTML5 ainda não são suportadas por todos os navegadores web, mas o desenvolvimento delas aponta para a consolidação de aplicações mais poderosas no lado cliente, distribuindo o processamento antes dos servidores para os navegadores dos usuários. Sendo os próprios padrões web os condutores destas novidades, percebe-se uma tendência à aceitação deles pelos navegadores mais populares, para que assim se mantenham.

Além disso, a utilização em larga escala de *smartphones* para navegar na internet exige que padrões de responsividade sejam adotados para uma formatação automática do site de acordo com a resolução da tela do dispositivo do usuário. Para esta função, o *framework* Bootstrap¹⁰ foi desenvolvido. Tendo como base as orientações da W3C, ele utiliza o HTML5, CSS e Javascript para formatar layouts de sites responsivos, sendo suportado pelas versões mais recentes dos navegadores padrão das principais plataformas do mercado (OTTO et al., 2017).

9 Disponível no endereço: <https://validator.w3.org/>

10 Disponível no endereço: <http://getbootstrap.com/>

5 A NOVA VERSÃO DESENVOLVIDA PARA O SISTEMA SIA

Os capítulos anteriores contextualizaram o problema e apresentaram os fundamentos para proposição de uma nova interface para o sistema SIA-Hidrelétricas. A solução desenvolvida neste trabalho baseou-se nos novos padrões para desenvolvimento web e diversos *frameworks* com diferentes recursos que surgiram, com foco no hardware do cliente, tendo em vista dispositivos com diferentes resoluções e dimensões de tela, e também no software e nas operações que o sistema deve proporcionar ao usuário, buscando uma melhor usabilidade e maior utilidade do sistema.

O conceito User Centered Design (UCD), conforme Rubin e Chisnell (2008), ou design centrado no usuário, é um processo de design de interface de usuário que coloca o usuário como centro de foco do desenvolvimento, cataloga as definições de contexto, os objetivos e metas e por fim a dimensão das tarefas no sistema, seus conteúdos, organização e fluxos. Considerando a baixa exploração do conteúdo educativo na atual interface, bem como a dispersão dos links dos conteúdos pelo sistema, foi necessário revisitar os objetivos fundamentais do SIA e rever o papel que a interface deve exercer, intervindo no sistema de organização, de navegação e rotulação da arquitetura da informação. O sistema de busca da AI não foi abordado neste trabalho, visto que a implementação destas ferramentas exige mais tempo, além de ser complementar ao sistema de navegação. Os três sistemas da AI são descritos nas próximas subseções, finalizando com o resultado obtido.

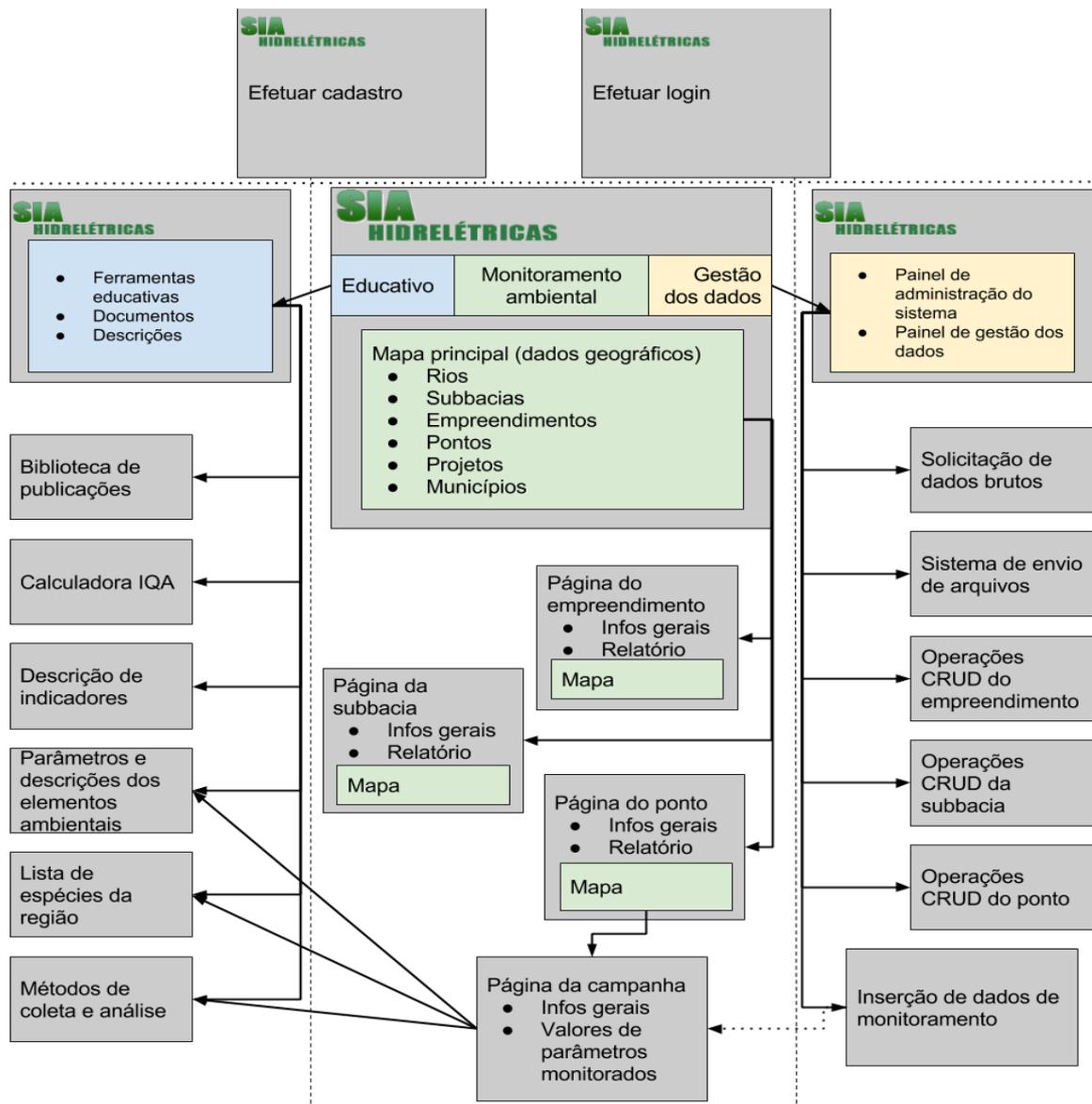
5.1 SISTEMA DE ORGANIZAÇÃO

Para este sistema, uma categorização híbrida e multidimensional foi definida. A definição destas categorias busca abranger todo o escopo relativo a bacia Taquari-Antas em função das necessidades do usuário e da caracterização temática assertiva dos dados e informações, evitando heterogeneidades e ambiguidades incompatíveis. São três categorias a serem utilizadas na nova interface, apresentadas abaixo:

1. Tema – refere-se aos módulos de dados, inerente a temática das informações que o sistema aborda, sendo os itens Clima, Fauna e Qualidade da água. Esta categoria já era utilizada antes e representa a hierarquia de classes dos controladores;
2. Objetivo – refere-se aos objetivos principais que o sistema propõe ao usuário, de forma que os dados e informações sejam explorados em mais dimensões, sendo os itens Monitoramento, SIA Educativo e Gestão de dados;
3. Público-alvo – refere-se aos níveis de usuário, já implementados na versão antiga.

A novidade na nova interface é a categoria Objetivo (Figura 10). Se bem representada pelos outros sistemas da AI, pode promover uma visão mais clara do contexto e da função do sistema, de como o usuário pode utilizá-la e como ele pode planejar sua navegação. Quando associadas a categoria Tema e Objetivo, a interface fornece dois caminhos diferentes para alcançar as informações desejadas e podem promover conteúdos que antes estavam distantes do usuário.

Figura 10: Páginas organizadas em função da categoria Objetivo



Fonte: O autor

Caso o usuário queira analisar os relatórios sobre as condições ambientais da bacia Taquari-Antas utilizando gráficos, tabelas e mapas, deve seguir a navegação pela seção **Monitoramento**.

Caso tenha o interesse de conhecer os índices implementados, metodologias de análise e coleta de dados monitorados, acessar ferramentas educativas ou publicações relacionadas, deve seguir pela seção **Educativo**.

A seção **Gestão dos Dados** é seguida pelos usuários que têm o interesse de solicitar dados ou efetuar o envio, inserção e manutenção de dados (métodos CRUD), atividades normalmente associadas a quem utiliza o SIA como ferramenta de trabalho.

É importante destacar que os níveis de usuário mantêm-se implementados, limitando o acesso às páginas restritas para usuários sem a devida permissão. Em alguns casos, os links para as páginas restritas são ocultos, e em outros, o link fica ativo, levando o usuário a uma página indicando a restrição. Mesmo assim, esta organização favorece o entendimento para usuários de nível público sobre as atividades de usuários de outras categorias, por meio dos conceitos que os rótulos de atividades restritas trazem, como Gestão de Dados.

5.2 SISTEMA DE NAVEGAÇÃO

Neste sistema podemos observar a categorização definida na prática por meio de elementos visuais de navegação presentes em todas as páginas do SIA, que compõem o layout geral, e também componentes de navegação pelas páginas, como o mapa ou menus.

A implementação das categorias definidas para o sistema de organização influenciou no sistema de navegação da interface, sendo necessário a modificação de arquivos de código HTML, CSS e javascript relacionados ao layout geral. Também foram modificados os métodos *gerarAba*, responsáveis pela lista de links existentes na navegação local (descrita abaixo). Este método é declarado no controlador primário do sistema e reescrito nos controladores primários de cada módulo.

Estes elementos estão listados a seguir:

1. A página inicial do sistema possui a função de contextualizar o usuário e apresentar as principais funções disponíveis a ele. Assim como na interface anterior, é exibido o componente de mapa para navegação pelo espaço geográfico da área de estudo, representando o item Monitoramento, da categoria Objetivo. Neste mapa, o usuário pode acessar diversas dimensões de dados do sistema por meio dos dados geográficos apresentados, levando aos relatórios de monitoramento que o sistema gera;
2. O logo do SIA mantém-se na mesma posição que antes e continua redirecionando a página inicial, mas foi atualizado esteticamente, com a retirada dos degradês existentes antes que promoviam uma impressão de profundidade;
3. O slogan do sistema “Sistema de Informações Ambientais da Bacia Taquari-Antas” agora é utilizado logo acima do rodapé do SIA, possibilitando uma rápida identificação do tema do site;

4. A navegação global, que antes utilizava dos elementos da categoria Tema (qualidade da água, clima e fauna), utilizam agora a categoria Objetivo. Apresentada no cabeçalho de todas as páginas, a navegação global apresenta links para as páginas de navegação rápida Gestão de dados e SIA Educativo;
5. As páginas de navegação rápida Gestão de dados e SIA Educativo, acessíveis pela navegação global, foram implementadas para fornecer acesso a um agrupamento de links, aqui categorizados em função dos temas, disponibilizando aos usuários de qualquer nível uma amostra das atividades que o sistema exerce, mesmo que o usuário não esteja logado;
6. Junto a navegação global, encontram-se os menus Usuário e Acessibilidade;
7. A barra de navegação lateral apresenta-se posicionada na mesma posição que a da interface anterior, à esquerda na tela, ao lado do conteúdo da página. Ela pode ser ocultada da interface para que a visualização do conteúdo utilize 100% da largura da página. Dentro desta barra, estão contidos o menu de navegação local e o subsistema de navegação local, utilizando-se da característica multilocação, ou seja, mais de um componente no mesmo local;
8. A navegação local existe somente quando em profundidade em relação a hierarquia dos controladores, sendo variável em relação ao módulo de elemento ambiental (categoria Tema), apresentando links relativos e organizados em função da categoria Tarefa. Ela também pode ser utilizada de acordo com a atividade, como o mapa inicial, que mostra nele a legenda do mapa;
9. O subsistema de navegação global exibe uma lista de links de conteúdos mais amplos, como a página Sobre o Sistema e Bacia Taquari-Antas, e surge aberto ao usuário que se encontra em superfície de navegação, mas utiliza de um efeito de exibir/esconder acionado pelo usuário, sendo então, acessível em todas as páginas.

5.3 SISTEMA DE ROTULAÇÃO

Para a nova interface foi definida uma nova paleta de cores. As cores selecionadas foram escolhidas com relação a temática meio ambiente, sendo elas exibidas na Figura 11.

A cor cinza (de código RGB #738290), próxima a um azul marinho, lembra, assim como no ícone do mapa, os barramentos, normalmente cinzas pela cor do cimento e também

das formações rochosas, que acompanham os cursos de rios por toda bacia. Esta cor é utilizada nas barras que dividem o cabeçalho e rodapé do corpo da página e nas páginas de navegação rápida.

A cor verde (de código RGB #529A5B) lembra a natureza, as matas da região e a vida contida nelas. Presente no logotipo do SIA, nos mapas de satélite e na barra de navegação Sobre o Sistema.

A cor azul (de código RGB #65A6D1) remete as águas, recurso natural mais importante para a sociedade e essencial como objetivos da gestão ambiental. Esta cor é utilizada nos links.

A cor azul claro (de código RGB #D9EDF7) lembra o ar, a cor do céu e lembra o elemento clima. Ela é utilizada como cor base da barra de navegação lateral e também em textos com o fundo cinza.

O branco (de código RGB #FFFFFF) é utilizado como cor de fundo do sistema, base para que as outras possam interagir e formar uma interface agradável para leitura e estudos.

Figura 11: Paleta de cores da nova interface



Os ícones utilizados são da biblioteca Glyphicons¹¹, disponíveis gratuitamente quando associados a biblioteca Bootstrap, utilizada neste trabalho. Quando presentes, indicam uma ação que o usuário pode tomar. Aparecem junto a links e em recursos dinâmicos da interface.

5.4 RESULTADO

Para o desenvolvimento desta proposta, foram utilizados alguns softwares, que normalmente compõem o ambiente de trabalho dos programadores. Para a escrita do código-fonte foi utilizado o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) Netbeans¹² e para versionamento foi utilizada a ferramenta GIT¹³. Para executar a aplicação SIA em modo de

¹¹ Disponível no endereço: <http://glyphicons.com/>

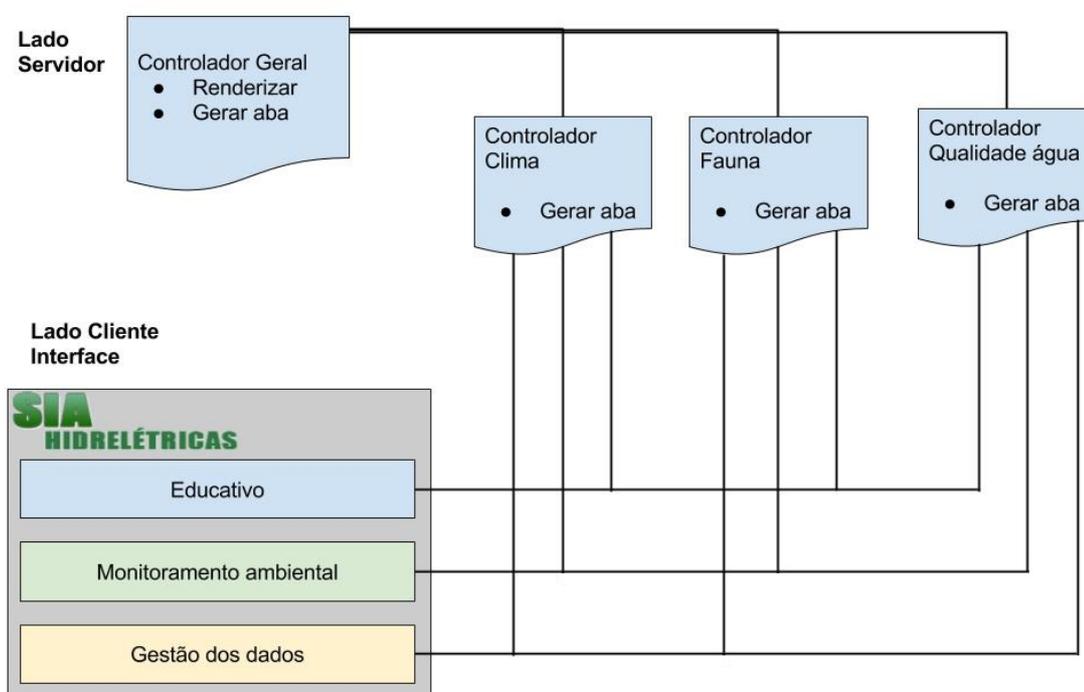
¹² Disponível no endereço: <https://netbeans.org/>

¹³ Disponível no endereço: <https://git-scm.com/>

desenvolvimento, foi configurado um *VirtualHost* em um servidor Apache¹⁴. Para constantes avaliações e testes da aplicação durante o desenvolvimento foi utilizado o navegador web Firefox¹⁵, que possui ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de códigos de lado cliente, especialmente a ferramenta para visualização em modo responsivo.

A figura 12 mostra o cruzamento entre as categorias Objetivo e Tema e em qual dimensão do sistema cada uma ficou implementada. A categoria Objetivo reside especificamente na interface, enquanto a categoria Tema representa a estrutura lógica, no lado servidor do SIA. Nesta figura apresenta-se a relação entre o controlador primário e os secundários do sistema, e seus métodos relacionados diretamente com a interface, como o método *gerarAba*, que define a navegação local, a lista de links relacionados ao módulo de dados que são, agora, organizados quanto aos objetivos. É importante salientar que o item Monitoramento da categoria Objetivo não possui um rótulo como os outros na página inicial (Figura 13), pois a própria página inicial a representa, sendo o mapa o recurso de acesso aos relatórios de monitoramento.

Figura 12: Esquema da categorização



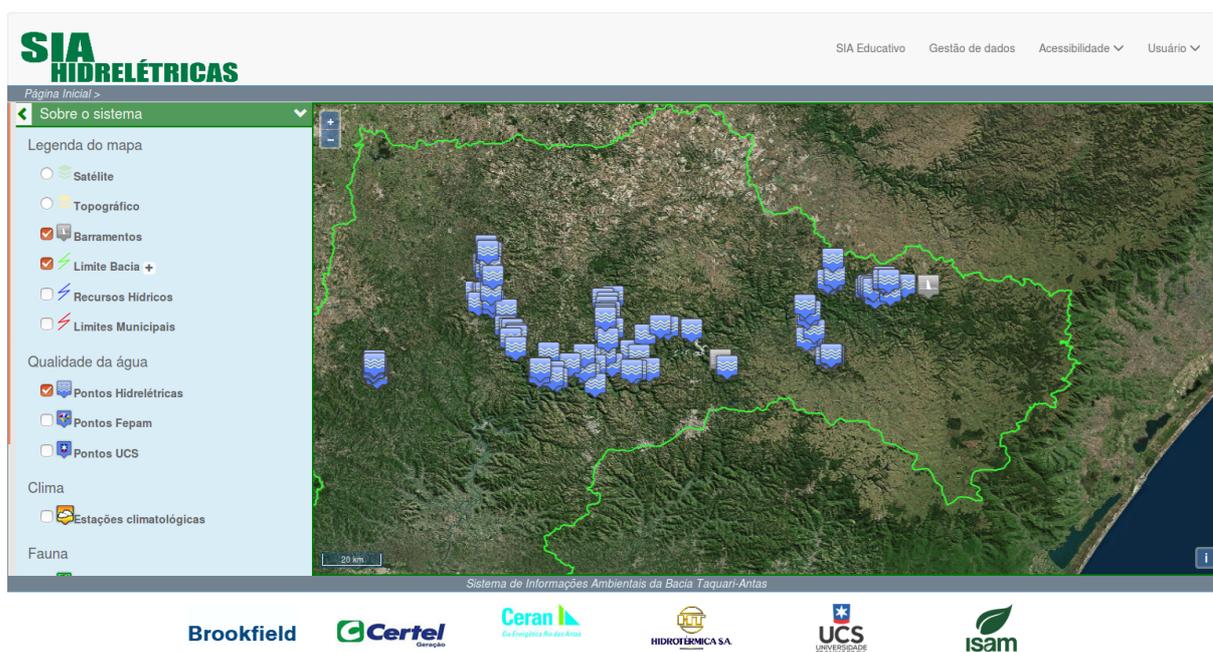
Em relação as intervenções no lado cliente, continuam sendo utilizadas as ferramentas atuais de exibição de informações, ou seja, a utilização do Openlayers para os

¹⁴ Disponível no endereço: <https://httpd.apache.org/>

¹⁵ Disponível no endereço: <https://www.mozilla.org/pt-BR/firefox/>

mapas, do C3.js para os gráficos e do JQgrid para as tabelas. O *framework* Bootstrap foi adotado com o objetivo de suprir as necessidades de renovação do design do sistema e principalmente de controle das dimensões do layout das páginas (responsividade), tendo em vista o acesso ao sistema por meio de dispositivos móveis. O resultado obtido é exibido na Figura 13.

Figura 13: Página inicial da nova interface



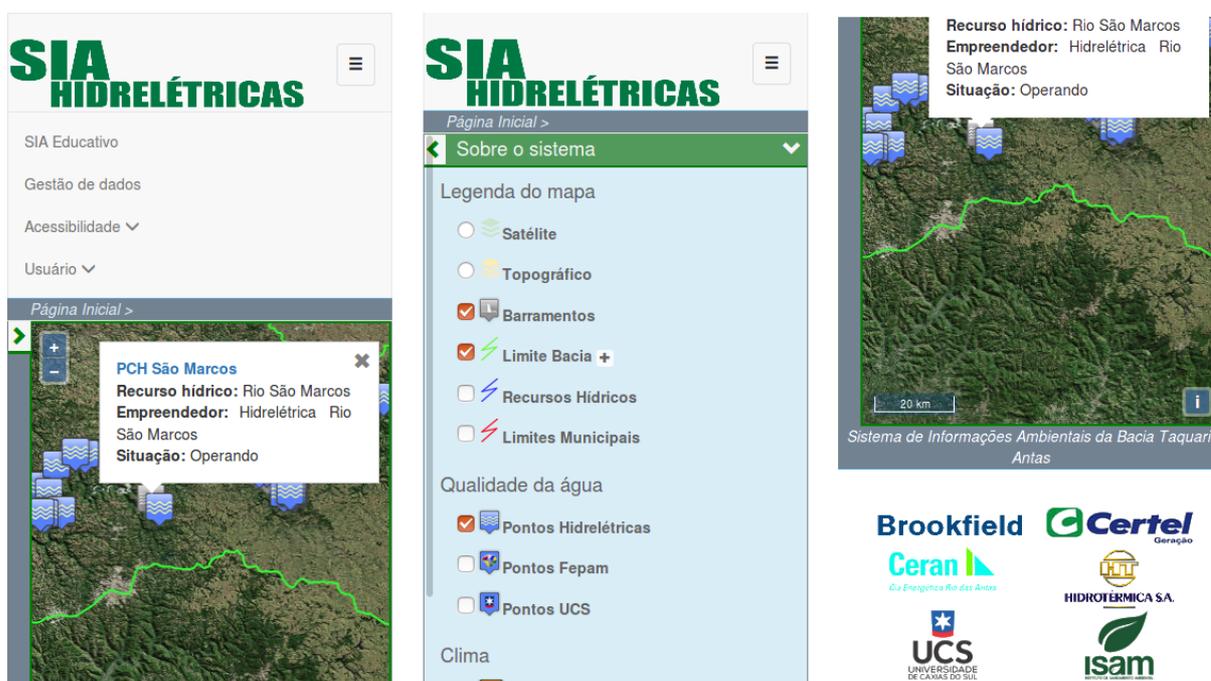
Além dos diferentes recursos visuais e de interações disponíveis, a característica mais importante do Bootstrap é sua capacidade de adaptar o design de um *website* para dispositivos de diferentes resoluções ou dimensões de tela. Este é o chamado sistema de *grids*, que divide verticalmente a tela em 12 colunas de mesmo tamanho. Assim, os elementos HTML podem ser configurados para ocupar uma quantia determinada destas colunas de quatro formas diferentes, dependendo do dispositivo utilizado.

Na figura 13 é visível que o cabeçalho e o rodapé não dividem espaço horizontalmente com outros elementos. Já no corpo da página, o conteúdo divide espaço com a barra de navegação lateral, à esquerda, assim como na versão antiga, mas agora com a função de exibir/ocultar a barra lateral, possibilitando que o conteúdo seja exibido com a total largura da página. Considerando a utilização de diferentes dispositivos, são necessárias diferentes configurações para assegurar uma visualização completa da interface. Abaixo estão as três configurações determinadas para diferentes larguras de tela:

1. Para dispositivos de dimensões maiores de 992 *pixels*, 25% da tela é ocupada pela barra de navegação lateral e 75% para o conteúdo da página;
2. Para dispositivos de dimensões entre 768 e 992 *pixels*, 33.3% da tela é ocupada pela barra de navegação lateral e 66,6% para o conteúdo da página;
3. Para dispositivos de dimensões iguais ou menores que 768 *pixels*, o corpo da página mostra somente a barra de navegação lateral ou somente o conteúdo. Além disso, o cabeçalho e o rodapé comprimem-se automaticamente, para que nenhum elemento se sobreponha sobre outro.

Na figura 14 é exibida a página inicial adaptada a um dispositivo com resolução 360x640 *pixels*. Ela foi dividida em três partes para observar de uma só vez como a interface se comporta. A navegação global é convertida em um menu, que surge ao clicar no botão localizado ao lado do logotipo. A barra de navegação lateral, quando ativa, ocupa toda a área da tela. No rodapé, os logos das empresas envolvidas ocupam espaços iguais, sem problemas de sobreposição.

Figura 14: Página inicial em resolução 360 x 640 *pixels*



A Tabela 2 traz as soluções das limitações apontadas por Lorenzzetti (2013) no seu trabalho de conclusão de especialização, que analisou as atuais interfaces do sistema SIA. Na

primeira coluna é feita a referência ao item solucionado da Tabela 1 e sua solução na coluna 2. Esta análise foi considerada nesta pesquisa e serviu para complementar a reformulação proposta para o SIA.

Tabela 2 – Limitações indicadas por Lorenzetti (2013) solucionadas

Limitação	Solução
1	O texto “Olá visitante”, ou “Olá <i>usuário</i> ” para usuários logados, foi oculto da página inicial, possibilitando a expansão do mapa e eliminando uma informação não-associada a área temática.
2	As atualizações do sistema continuam acessíveis em todas as páginas do sistema, mas foram posicionadas em uma área de menor destaque, dentro do subsistema de navegação global, descrito no Item 9 da seção 5.3.
3	O link “Informar erro” que ficava presente acima do conteúdo de todas as páginas do sistema, acompanhado por um ícone de inconformidade, foi deslocado para a navegação local do módulo Usuário e também para o menu do usuário da barra de navegação global, no topo da página, sendo agora categorizado como uma atividade do usuário. Agora acompanha um ícone de um megafone, indicando importância aos erros a serem avisados. O termo “Entre em contato” não foi utilizado pois o sistema já prevê outras formas de contato entre usuário e administração do sistema, como a solicitação de dados brutos, e sua utilização poderia gerar ambiguidade entre os rótulos das atividades.
4	O ícone da função “Sair do sistema”, antes representado por um cadeado foi substituído por um ícone <i>Gliphicon</i> apropriado a função de <i>logout</i> .
5	O termo “ <i>logar</i> ” foi substituído por “Entrar no sistema”.

Diante dos resultados apresentados, podemos observar que todos apresentam-se na camada de lado cliente. Mas nem todas as modificações foram feitas nesta camada. Além de modificações de códigos CSS e Javascript, foram feitas modificações no lado servidor, nos *templates Smarty*¹⁶ que formatam a estrutura HTML das páginas e nos métodos *gerarAba* dos controladores, aplicando a categorização exibida na barra de navegação lateral. Em consequência desta categorização, também foram realocados alguns controladores para outros módulos do sistema, organizando-os de acordo com o contexto adequado.

16 Disponível no endereço: <https://www.smarty.net/>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os primeiros sinais da necessidade de uma atualização na interface surgiram quando foram propostos a integração de novos elementos ambientais ao SIA. O Instituto de Saneamento Ambiental, sob posse de dados de monitoramento de sedimentos de recursos hídricos e também de dados de produção animal da região, vislumbrou o relacionamento destes dados com os dados de qualidade da água, fauna e clima no SIA como estratégia de promoção do sistema como ferramenta de gestão ambiental. Uma proposta que era inviável com a interface antiga, visto que, encontrava-se rígida quanto a inserção de novos elementos ambientais.

Além disso, diversos conteúdos do sistema eram pouco explorados, como os dados de espécies da região da bacia, resultante do monitoramento ambiental dos empreendimentos hidrelétricos, são vistas como uma importante ferramenta para promover o conhecimento da ecologia regional.

Sendo os três objetivos fundamentais do SIA, ou tarefas, agora representados pelos rótulos Monitoramento (aparecendo como o mapa principal e relatórios de monitoramento), SIA Educativo e Gestão dos Dados planejados no desenvolvimento deste trabalho, categorizam todas as funcionalidades, ou tarefas do sistema. Apresentadas já na página inicial, oferecem ao usuário uma visão ampla da utilidade do sistema.

O agrupamento destas funcionalidades nestas categorias, proporciona que o layout geral e a navegação seja estável quanto a adição de elementos ambientais ao sistema, possibilitando sua expansão. Além disso, proporciona uma redução considerável da entropia da informação, antes presente principalmente nos menus de navegação local, que não possuíam uma categorização padrão.

O SIA possui como temática de estudo o meio ambiente da região da bacia Taquari-Antas. Com a interface proposta, o usuário que busca uma informação precisa possui uma categoria a mais para alcançar seus objetivos, possibilitando que páginas que antes exigiam uma navegação em profundidade possam emergir para a superfície, contribuindo com o aspecto *findability*, ou “encontrabilidade” do SIA.

Conforme Levy (2000), existem duas atitudes opostas de navegação do usuário, a navegação por caçada, quando ele está buscando informações precisas, e a navegação por pilhagem, quando o usuário está vagamente interessado no assunto, a ponto de desviar-se de acordo com o momento. Neste formato da interface, as duas atitudes opostas são favorecidas,

sendo o mapa da página inicial convidativo à pilhagem e sendo capaz de proporcionar o acesso a diversas dimensões, visto que é um recurso interativo e robusto. E para os usuários que buscam informações precisas, podem seguir pelos recursos de navegação, rotulados pelo tema abordado ou pelo objetivo do usuário.

Estes fundamentos foram abordados a fim de responder a questão de pesquisa feita na Introdução: **Quais adequações devem ser desenvolvidas na interface gráfica e arquitetura do SIA a fim de melhorar a apresentação e localização das informações?** Em resposta, este trabalho apresenta uma nova interface que amplia a flexibilidade do SIA, possibilitando a ampliação e o acoplamento de novos módulos de dados ao sistema. A nova categoria Objetivo contribui com o a noção de contexto durante a navegação sem impactar na apresentação do tema, mantendo sua arquitetura lógica orientada aos elementos ambientais. Além disso, utiliza de tecnologias de lado cliente mais atuais, proporcionando o acesso por dispositivos móveis.

Uma avaliação desta nova interface é conveniente como trabalho futuro, coletando dados com os usuários do SIA que confirmem que os ajustes na categorização trarão os resultados esperados com a atualização feita.

De qualquer forma, a próxima grande funcionalidade será incorporar um novo módulo ao sistema, o Tema Produção Animal, onde será possível avaliar os impactos decorrentes desta atividade na qualidade da água, clima e fauna da região da bacia Taquari-Antas.

Espera-se que este trabalho sirva como orientação para futuras implementações na interface do sistema, até que seus objetivos principais sejam aprimorados novamente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, Carlos. **BI-business intelligence: modelagem e tecnologia**. Axcel Books, 2001.

BENYON, David. **Interação humano-computador**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

BIGOLIN, Marcio et al. Desenvolvimento de Software para cálculo de Índice da Qualidade da Água (IQA). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 1., 2008, Bento Gonçalves. **Anais...**. Bento Gonçalves: Ucs, 2008. p. 1 - 8. Disponível em: <<https://siambiental.ucs.br/congresso/index.php/anais/trabalhosTecnicos?ano=2008>>. Acesso em: 3 maio 2017.

CAMARA, G.; QUEIROZ, G. R. de. **Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CAMARGO, M. U. de Carvalho e. **Os Sistemas de Informações Geográficas (S.I.G.) como instrumento de gestão em saneamento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.

COLAÇO, Methanias. **Projetando Sistemas de Apoio à Decisão Baseados Em Data Warehouse**. Axcel Books, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **357: RESOLUÇÃO N °357**. Brasília: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2017.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B.. **Sistemas de banco de dados**. 4.ed. São Paulo: Addison-Wesley, 2005. 724 p. ISBN 8588639173.

FEPAM. **Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Rossler**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/>. Acessado em: 14 mar. 2017.

FERREIRA, Simone Bacellar Leal; NUNES, Ricardo Rodrigues. **E-Usabilidade**. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora S.a., 2008.

ISAM. **SIA Hidrelétricas**. Disponível em: <<https://siambiental.ucs.br>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. International Electrotechnical Commission (ISO / IEC). **Norma No 9241. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals part 11: guidance on usability**. [S. l.], 1998.

ISO (1997). **ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)**. Part 11 — Guidelines for specifying and measuring usability. Genève: International Organisation for Standardisation.

JITKOFF, Nicholas. **Design is never done**. 2016. Disponível em: <<https://design.google.com/articles/design-is-never-done/>>. Acesso em: 18 maio 2017.

KIMBALL, Ralph; ROSS, Margy. **The data warehouse toolkit: guia completo para modelagem dimensional**. Rio de Janeiro, RJ: Campus, 2002. 494 p. ISBN 8535211292.

LARMAN, Craig. **Utilizando UML e padrões: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos e ao desenvolvimento interativo**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 695 p. ISBN 8560031528.

LORENZZETTI, Priscila da Silva. **Proposta de melhoria em um sistema de informações ambientais aplicando teorias de design de interação**. 2013. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão e Desenvolvimento de Software, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.

MORVILLE, Peter; ROSENFELD, Louis. **Information Architecture for the World Wide Web: Designing Large-Scale Web Sites**. 3. ed. Sebastopol: O'reilly Media, 2006.

NIELSEN, J (1994) "Heuristic Evaluation", in Mack, R. & Nielsen, J. (eds.) Usability Inspection Methods. New York, NY: John Wiley & Sons, 1994, 25-62.

O'BRIEN, James A.; MARAKAS, George M.. **Administração de Sistemas de Informação**. 15. ed. São Paulo: Bookman, 2013. Tradução de: Rodrigo Dubal.

OTTO, Mark et al. **Bootstrap Getting started**: Introduction. Disponível em: <<https://v4-alpha.getbootstrap.com/getting-started/introduction/>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

POSTGIS. **About PostGIS**. Disponível em: <<http://postgis.net/>>. Acesso em: 23 maio 2017.

PRESSMAN, Roger; MAXIM, Bruce. **Engenharia de software**: Uma abordagem profissional. 8. ed. São Paulo: Amgh Editora Ltda, 2016.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Taquari-Antas / RS**: Diretrizes regionais para o licenciamento ambiental das hidrelétricas. 2001. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Taquari-Antas/>>. Acesso em: 04 maio 2017.

ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen; PREECE, Jennifer. **Design de Interação**: Além da interação humano-computador. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

RUBIN, Jeff; CHISNELL, Dana. **Handbook of Usability Testing**: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests. 2. ed. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008.

SACHINI, Clédson et al. Implementação de ferramentas para a melhoria na análise de dados faunísticos em sistemas de informações ambientais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 4., 2014, Bento Gonçalves. **Anais...** . Bento Gonçalves: Ucs, 2014. p. 1 - 7.

SILVA, C. R. de O. **MAEP**: um método ergopedagógico interativo de avaliação para produtos educacionais informatizados, 2002. f. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

SPIANDORELLO, Roberto Canuto et al. Critérios De Usabilidade Em Processo De Migração De Biblioteca Gráfica Em Um Sistema De Informações Ambientais. **Scientia Cum**

Industria, Caxias do Sul, p.103-107, set. 2016. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/viewFile/4499/pdf>>. Acesso em: 31 maio 2017.

SPIANDORELLO, Roberto Canuto et al. Consulta de Dados Espaciais em um Sistema de Informações de uma Bacia Hidrográfica. In: ESCOLA REGIONAL DE BANCO DE DADOS, 13., 2017, Passo Fundo. **Anais...** . Passo Fundo: Sbc, 2017. p. 87 - 90. Disponível em: <http://www.upf.br/_uploads/Conteudo/erbd2017/anais_ERBD2017_final_pos.pdf>. Acesso em: 31 maio 2017.

SUZIN, Robert Patrick et al. IMPLEMENTAÇÃO DE CALCULADORA DE ÍNDICE QUALIDADE ÁGUA NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS (SIA) PARA UTILIZAÇÃO COMO FERRAMENTA EDUCATIVA. In: ENCONTRO DE JOVENS PESQUISADORES, 23., 2015, Caxias do Sul. **Resumos**. Caxias do Sul: Ucs, 2015. p. 0 - 1.

PAIVA, Rodrigo Oliveira de. UMA ANATOMIA DA ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO. **Múltiplos Olhares em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p.1-15, out. 2012.

THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP (Org.). **About PostgreSQL**. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>. Acesso em: 23 maio 2017.

UCS. **ISAM**: Instituto de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.ucs.br/ucs/institutos/isam/apresentacao>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

VARASCHIN, Alexandre; SATO, Fabricio Kazumi; ZEM-LOPES, Aparecida. HTML5 E O FUTURO DAS FERRAMENTAS PARA INTERNET RICA. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, Brasil, v. 1, n. 1, p.114-124, out. 2013.

W3C. **Web Design and Applications**. Disponível em: <<https://www.w3.org/standards/webdesign/>>. Acesso em: 24 maio 2017.

W3C. **HTML5**: A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML. 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/html5/>>. Acesso em: 29 maio 2017.