

# Atividades para especificação, prototipação e avaliação de um sistema de gestão de vertedouro

## RESUMO

Neste trabalho foram desenvolvidas atividades vinculadas ao SIGVERTE, um Sistema de Informação Georreferenciado, SIG, baseado na internet, à coleta, armazenamento, visualização e processamento de dados georreferenciados para o acompanhamento de manutenções realizadas em vertedouros. Para atingir este objetivo, os requisitos funcionais e não funcionais do SIG já documentados foram atualizados e analisados. Protótipos foram desenvolvidos empregando a metodologia de desenvolvimento de software Feature-Driven Development, cuja principal característica é entregar resultados tangíveis de software que são utilizados para validá-lo. Testes foram realizados, sendo encontradas algumas inconformidades. Para corrigi-las foi feita a modelagem de negócios BPM. Após a modelagem, os artefatos do sistema foram corrigidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** SIGVERTE, sistema de informação georreferenciado, vertedouro de barragens.

**Lyssa Priscyla Scherer**

[lyssa.scherer@gmail.com](mailto:lyssa.scherer@gmail.com)

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, Paraná, Brasil.

**Rodrigo Senger**

[sengerrodrigo@hotmail.com](mailto:sengerrodrigo@hotmail.com)

Wealth Systems, Cascavel, Paraná, Brasil.

**Claudia Brandelero Rizzi**

[claudia\\_rizzi@hotmail.com](mailto:claudia_rizzi@hotmail.com)

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, Paraná, Brasil.

**Rogério Luis Rizzi**

[rogeriorizzi@hotmail.com](mailto:rogeriorizzi@hotmail.com)

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, Paraná, Brasil.

**Pétterson Vinícius Pramiu**

[ppramiu@gmail.com](mailto:ppramiu@gmail.com)

Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, São Paulo, Brasil.

**Ivonei Freitas da Silva**

[ifsse3@gmail.com](mailto:ifsse3@gmail.com)

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, Paraná, Brasil.

## INTRODUÇÃO

A ação de partículas, fluidos, entre outros forçantes causam a degradação de materiais que neles atuam, provocando desgastes que podem ser do tipo abrasivo, erosivo ou por cavitação, entre outros (KUMAR, 2008). Esses danos frequentemente ocasionam problemas em componentes sob constante ação de cargas como turbinas, propulsores, bombas hidráulicas, válvulas, tubulações, canais de escoamento, vertedouros de barragens, entre outras estruturas. Isto porque estes processos alteram as propriedades mecânicas e estruturais do material e colocam em risco a segurança dos usuários.

A manutenção da usina requer estudos específicos para a sua conservação ao longo do tempo. Dentre os elementos de maior importância nos processos de manutenção estão os vertedouros, estruturas hidráulicas que liberam os excedentes de água e regulam o nível do reservatório. É, portanto, relevante desenvolver metodologias e sistemas de informação para subsidiar a gestão e as tomadas de decisão com relação à manutenção de vertedouros (DNIT, 2006).

Várias atividades e ações visando contribuir para a construção de metodologias voltadas para a manutenção de vertedouros estão sendo desenvolvidas por uma equipe técnica constituída por docentes e discentes da Unioeste. Entre essas ações estão aquelas que incluem o gerenciamento de pontos amostrais identificados na calha e nas fichas de manutenções nela realizadas, a comparação de imagens obtidas por técnicas de fotogrametria, a construção de mapas temáticos da distribuição geoespacial da erosão, entre outros.

Essas atividades estão relacionadas à gestão das manutenções periodicamente realizadas pelo Setor competente e do acompanhamento de desgastes que ocorrem na superfície das lajes das calhas do vertedouro de usina hidroelétrica. Assim sendo, é pertinente elaborar e desenvolver um Sistema de Informações Georreferenciado, SIG, para a coleta, armazenamento e processamento de dados georreferenciados, como aqueles provenientes do referido Projeto, e que provê uma base adequada de informações para o acompanhamento de efeitos erosivos no vertedouro, assim como das manutenções realizadas, fornecendo um registro dos procedimentos efetuados, permitindo que seja possível validar simulações computacionais ou procedimentos análogos, sem o demorado, completo e complexo processo de coleta de dados físicos que carecem, muitas vezes, de um padrão de referência para indicar o nível efetivo de desgaste, visto a indisponibilidade de uma referência para comparação.

A revisão bibliográfica realizada indicou que existem sistemas com algumas semelhanças ao Sistema de Gestão de Vertedouro, SIGVERTE, apresentado neste trabalho, como o SSB (SSB, 2015) e o BC hydro (BC HYDRO, 2015). O primeiro possibilita o gerenciamento on-line dos dados e medidas dos diversos instrumentos instalados na Usina Hidrelétrica de Funil, RJ. O segundo é apropriado para identificar possíveis irregularidades que podem ocorrer em uma hidrelétrica, como um grande volume de chuvas, catástrofes naturais, erros humanos, entre outros. Após a avaliação o Sistema sugere métodos de prevenção e controle para cada irregularidade encontrada.

Algumas das principais funcionalidades elicítadas para o SIGVERTE são: Efetuar o registro histórico de dados como das Frentes de Concretagem viabilizando a inserção de documentos digitalizados; Gerenciar usuários; Gerenciar calhas; Gerenciar lajes; Gerenciar campanhas/atividades; Gerenciar amostras; Realizar operações de georreferenciamento, considerando a calha, as lajes e as amostras. Realizar operações que facilitem a visualização dos dados e mais especificamente das amostras coletadas. Essas funcionalidades foram documentadas, um protótipo foi elaborado e outras atividades foram desenvolvidas, incluindo testes para validação.

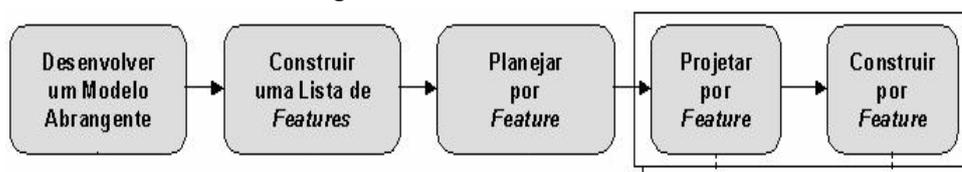
Assim, o objetivo deste artigo é apresentar de maneira sintética, as atividades realizadas para o desenvolvimento do SIGVERTE, enfatizando as metodologias utilizadas, desde sua prototipação até sua validação.

## MÉTODOS

Um SIG viabiliza um conjunto de métodos e de softwares, adequados para coletar, armazenar e processar dados georreferenciados, além de manipular imagens. O primeiro passo ao seu desenvolvimento é identificar seus requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos funcionais especificam ações que um Sistema deve ser capaz de executar para atender as necessidades do usuário, ou seja, descrevem o que o Sistema deve efetivamente fazer. Por meio deles é possível a conversão das concepções elaboradas no projeto para o resultado final em forma de um sistema computacional. Requisitos não funcionais são relativos ao desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, disponibilidade, manutenibilidade e tecnologias envolvidas na especificação e implementação do Ambiente Computacional (SOMMERVILLE, 2003), (SOMMERVILLE, 1997).

A metodologia de desenvolvimento utilizada neste trabalho foi a Feature-Driven Development, FDD, ou “desenvolvimento dirigido por características”. Ela é construída sobre um conjunto de melhores práticas, que visam atender os cenários em que os requisitos e tecnologia não são totalmente conhecidos, são voláteis e os stakeholders necessitam de versões parciais do futuro sistema (PALMER, 2002). A FDD consiste de cinco processos: Desenvolvimento de modelo abrangente, por análise orientada por objetos; Construção de lista de funcionalidades, por decomposição funcional; Planejar por funcionalidade, por Planejamento incremental; Detalhe por funcionalidade, por desenho orientado a objetos; Construção por funcionalidade, por programação e teste orientado a objetos. Essas fases são ilustradas na Figura 1.

Figura 1 – As cinco fases do FDD.



Fonte: [Adaptado de (PALMER e FELSING, 2002)].

Embora a FDD proponha a criação de um modelo abrangente baseado no todo que será desenvolvido, ela prevê o detalhamento do domínio do negócio com particionamento de áreas que serão modeladas. O modelo só será considerado definitivo quando os integrantes da equipe concordarem com ele. O planejamento é feito com base na lista de funcionalidades que podem ser definidas, por exemplo, em decorrência de suas prioridades e precedências no âmbito do Sistema. O planejamento de funcionalidades é feito de maneira incremental. Em seguida, é feito o detalhamento do projeto, ocasião em que a participação do usuário é fundamental, para que seja realizado de acordo com suas expectativas. Esse detalhamento e a construção do software também são incrementais, com testes frequentes e atenção para a integração contínua (DEVMEDIA, 2016).

Com relação às atividades desenvolvidas, foi realizado um processo de engenharia de requisitos para o Sistema, atualizando e analisando seus requisitos funcionais e não funcionais. Os resultados tangíveis deste processo foram validados em um primeiro momento, entre os colaboradores do projeto e os desenvolvedores do projeto associado à simulação de efeitos abrasivos e erosivos em vertedouro de barragem de usina hidrelétrica e foram documentados. As *features* do Sistema foram analisadas e prototipadas. Parte desta listagem é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Trecho das *Features* do Sistema.

<b>Id</b>	<b>Requisito</b>	<b>Major Feature</b>	<b>Nome</b>	<b>Relacionamento</b>	<b>Prioridade</b>
01	RF-01.01	Gerenciar Calha	Cadastrar nova calha na lista de calhas.	-	Alta
02	RF-01.02	Gerenciar Calha	Listar calhas cadastradas.	-	Média
03	RF-01.02	Gerenciar Calha	Excluir calha existente na lista de calhas.	-	Baixa
04	RF-01.02	Gerenciar Calha	Editar calha existente na lista de calhas.	-	Baixa
05	RF-02	Visualizar Calha	Visualizar calha existente através do mapa.	Mapa	Alta
06	RF-03.01	Gerenciar Laje	Cadastrar nova Laje na lista de lajes.	Calha	Alta
07	RF-03.03	Gerenciar Laje	Listar lajes cadastradas filtradas por calha.	Calha	Média
08	RF-03.03	Gerenciar Laje	Excluir laje existente na lista de lajes.	Calha	Baixa
09	RF-03.03	Gerenciar Laje	Editar laje existente na lista de lajes.	Calha	Baixa

Fonte: Autoria Própria, (2016).

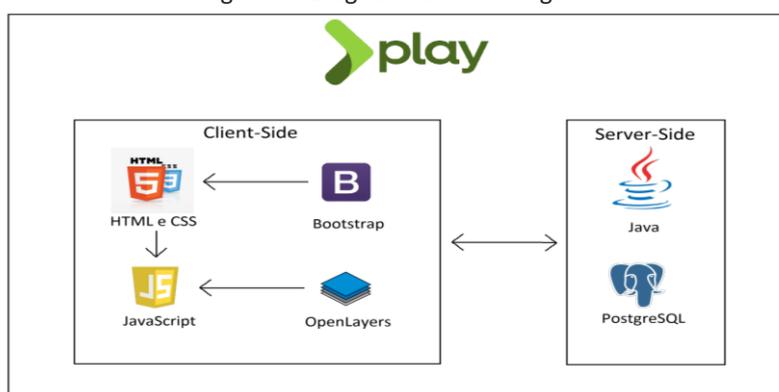
Testes foram realizados, analisados e discutidos. Optou-se pelo teste de caixa preta, no qual são testadas várias entradas, tanto aquelas que deveriam ser aceitas quanto as que deveriam ser rejeitadas. Em seguida, foi feita uma avaliação de como o Sistema se comportou. Durante esse processo perceberam-se irregularidades entre o protótipo e o documento de requisitos. Isto ocorreu devido a grande rotatividade da equipe no projeto. Quando um novo integrante ingressa no projeto, ele não consegue compreender o Sistema como um todo, podendo interpretá-lo de maneira equivocada, o que ocasiona erros e incompatibilidades, como os encontrados no protótipo.

Para solucionar estes problemas foi feita uma modelagem de processos chamada *Business Process Management*, BPM. Modelos de processo de negócio contribuem à especificação de requisitos para sistemas de informação, (KETTINGER, 1997), sendo aspecto relevante da metodologia o seu gerenciamento. O BPM é uma abordagem que pode ser adotada para tal

finalidade, (SMITH, 2007). Com a modelagem concluída, foi iniciada a correção do documento de requisitos e do protótipo.

A definição das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do Sistema foi baseada nos critérios de possuírem documentação abundante e com padrões *web* relacionados. As tecnologias identificadas foram HTML5, Css, JavaScript e Java até então, usando o *framework* Bootstrap para auxílio. Para armazenar os dados oriundos do *client-side* em um servidor, optou-se pelo PlayFramework, que facilita a implementação de uma aplicação em que *client-side* e *server-side* estão em constante comunicação. Nele usa-se a linguagem de programação Java em seu *server-side* e PostgreSQL para armazenagem dos dados. A Figura 3 ilustra o funcionamento das tecnologias em conjunto, como se portam como *client-side* e *server-side* e como o PlayFramework as suporta.

Figura 3 - Diagrama de Tecnologias.

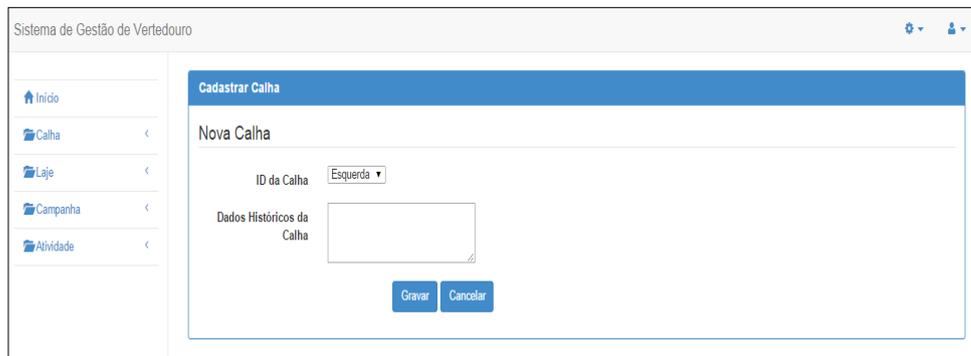


Fonte: Autoria Própria, (2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro processo do FDD consiste na modelagem geral do sistema, que foi feita a partir de um artefato já existente, o documento de requisitos do sistema. Neste documento constava um protótipo antigo que sofreu mudanças no decorrer da implementação do protótipo funcional, definindo assim a interface do sistema. A Figura 4 apresenta o protótipo funcional da funcionalidade Cadastrar Calha, desenvolvido após revisão com os *stakeholders*. Houve uma mudança de *design* da versão antiga para a nova, para melhor usabilidade do Sistema, já que a nova versão foi elaborada com base em outros programas já utilizados pelos *stakeholders*.

Figura 4 - Protótipo atual da funcionalidade Cadastrar Calha.



Após o desenvolvimento das *features*, iniciaram-se os testes e a avaliação dos mesmos. Foram realizados testes em todas as funcionalidades do Sistema, como nas funcionalidades de cadastro, alteração e listagem da “Calha” e da “Laje”. A Figura 5 mostra um exemplo de teste caixa preta realizado. Os erros encontrados no protótipo podem ser vistos ao final da Figura. Este teste também apresentou erros de incompatibilidade, como comentado em Materiais e Métodos.

Figura 5 - Teste na funcionalidade "Cadastrar Calha".

**Cadastrar Calha:**

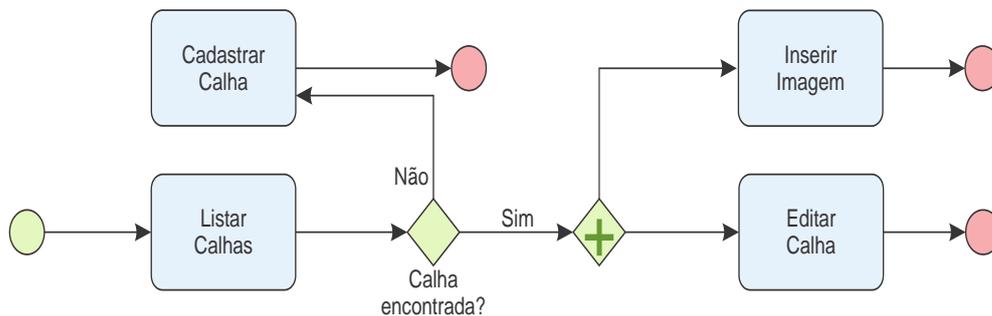
Cadastrar Calha - Nova Calha			
nº Teste	ID da Calha (Seleção)	Dados Históricos	O que aconteceu
01	Esquerda	Teste 1	Aceitou
02	Direita	Teste 2	Aceitou
03	Central	Teste 3	Aceitou
04	Esquerda	Teste 4	Execution exception*
05	Esquerda		Aceitou

\*Execution exception: Calha Esquerda já cadastrada. Pode-se colocar uma caixinha avisando. É possível adicionar qualquer coisa nos dados históricos, até nada.

Fonte: Autoria Própria, (2016).

Para auxiliar na correção das discordâncias encontradas, foi utilizada a modelagem BPM. O modelo foi desenvolvido com o auxílio dos *stakeholders* por meio da ferramenta *Bizagi Modeler* (Bizagi, 2016), que utiliza a notação BPMN. A Figura 6 exemplifica um dos diagramas elaborados, no caso, para o módulo gerenciar calha.

Figura 6 - Diagramas BPMN relativos ao módulo Gerenciar Calha.



Após esta modelagem, os artefatos do Sistema foram revisados e atualizados. A atividade envolveu a análise individual de cada requisito, inserindo tanto a imagem atualizada do protótipo quanto o modelo BPMN ao texto. O resultado da atualização de parte deste documento pode ser visualizado na Figura 7, para o requisito Cadastrar Calha.

Figura 7 - Requisito “Cadastrar Calha” atualizado.

**[RF-01.01/Dados] Cadastrar Calha**  
**Dependência:** Não Possui.  
**Descrição:** O Sistema deverá suportar o cadastro das calhas do vertedouro. Viabilizar a inserção de sua identificação, seus dados históricos e imagens.  
**Campos:**  
Nome da Calha: identificar a calha de forma única. Ex.: E-Esquerda.  
Dados históricos: informações históricas sobre a calha, obtidas a partir de um banco de dados já existente em Itaipu.  
Inserir Imagens: possibilitar inserção de imagens da calha que está sendo cadastrada.  
 A Figura 02 ilustra a interface deste requisito.

**Figura 02: Tela para cadastro de uma calha.**

Fonte: Autoria Própria, (2016).

## CONCLUSÃO

Apresentou-se uma síntese sobre as atividades desenvolvidas cujo objetivo principal é concluir o Sistema de Gestão de Vertedouro, SIGVERTE, dando ênfase às etapas de especificação, prototipação, avaliação e validação.

Embora o Sistema ainda esteja em processo de desenvolvimento, é perceptível que com a utilização da metodologia FDD, foi possível desenvolvê-lo de maneira mais organizada, além de ter mais contato com os usuários devido aos artefatos entregáveis. O processo de validação do software está sendo realizado em conjunto com a equipe que atua no projeto relativo à simulação de efeitos abrasivos e erosivos em vertedouro de barragem de usinas hidrelétricas.

Ainda que necessário, percebeu-se que apenas o documento de requisitos não é suficiente para compreender totalmente o fluxo do sistema, dificultando o entendimento de como o Sistema deve ser implementado e funcionar, ficando claro após a diagramação das atividades dos processos. O modelador dos diagramas BPMN também ressaltou a incompletude do documento de requisitos.

A expectativa é a de que o SIGVERTE contribua significativamente na melhoria da sistemática e armazenamento das informações existentes sobre a estrutura superficial do vertedouro de barragens e suas respectivas manutenções. Espera-se disponibilizar informações que subsidiem a deflagração de ações integradas de controle e combate aos desgastes ocorridos na estrutura das lajes componentes da estrutura superficial de vertedouro de barragem de usinas hidroelétricas. Espera-se também contribuir à otimização e modernização no dispêndio financeiro com ações de acompanhamento e manutenções dessas estruturas.

# Activities for specification, prototyping and evaluation of a spillway system management

## ABSTRACT

In this work activities related to SIGVERTE will be presented, a Georeferenced Information System, GIS, with operation based on the Internet for the collection, storage, visualization and georeferenced data processing for tracking maintenance performed on spillways. To achieve this goal, the functional and nonfunctional requirements from the GIS already documented, will be updated and analyzed. Prototypes will be developed using the software development methodology Feature-Driven Development, which main characteristic is to deliver tangible results of software that will be used to validate it. Tests were conducted and some nonconformities were found. In order to correct them, the BPM business modeling was performed. After modeling, the artifacts of the systems were corrected.

**KEYWORDS:** SIGVERTE; maintenance performed on spillways; georeferenced information system.

---

## REFERÊNCIAS

BC HYDRO. **Reliability of Flow Control Systems**. Disponível em <<http://www.eng.uwo.ca/research/iclr/fids/publications/conferences/FIDS25/12-King.pdf>>. Acesso em 12 Dez. 2015.

BIZAGI. Disponível em <<http://www.bizagi.com/en/products/bpm-suite/modeler>>. Acesso em 10 de maio de 2016.

DEVMEDIA. **Introdução ao FDD - Feature Driven Development**. Disponível em <<http://www.devmedia.com.br/introducao-ao-fdd-feature-driven-development/27971>>. Acesso em 28 jul. 2016.

DNIT. NORMA DNIT 090/2006–ES. **Patologias do concreto – Especificação de Serviço Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR**. Processo: 50.607.000.720 / 2006 – 18. 10 pg. 2006.

KETTINGER, W.; TENG, J.; GUHA, S. **“Business Process Change: a Study of Methodologies, Techniques, and Tools”**. MIS quarterly, pages 55 – 80, 1997.

KUMAR, P.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. Editora IBRACON, 2008.

PALMER, S. R.; FELSING, J. M. **A Practical Guide to Feature Driven Development**. The Coad Series. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

SMITH, H.; FINGAR, P. **“Business Process Management: The Third Wave”**. 1. ed. Heidelberg: Meghan-Kiffer Press, 2007.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de Software**. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

SOMMERVILLE, I.; KOTONYA, G. **Requirements Engineering**. New York: J.Wiley & Sons, 1997.

SSB. **Sistema de Segurança de Barragens (SSB)**. Disponível em <[http://www.furnas.com.br/arqtrab/ddppg/revistaonline/linhadireta/LD298\\_mc\\_apa.pdf](http://www.furnas.com.br/arqtrab/ddppg/revistaonline/linhadireta/LD298_mc_apa.pdf)>. Acesso em 12 Dez. 2015.

**Recebido:** 04 ago. 2016.

**Aprovado:** 23 nov. 2016.

**DOI:**

**Como citar:** SCHERER, L. P.; SENGER, R.; RIZZI, C. B.; RIZZI, R. L.; PRAMIU, P. V.; SILVA, I. F. da. Atividades para especificação, prototipação e avaliação de um sistema de gestão de vertedouro. R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol., Medianeira, v. 2, n. 14, p. 161-171, jul./dez. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Lyssa Priscyla Scherer

Rua Anita Garibaldi, 74, Nova Cidade, CEP 85803-020, Cascavel, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

