

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS E EXATAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

ANDRÉ LUIZ SOUZA

**SOFTWARE WEB PARA SIMULAÇÃO DO MODELO DINÂMICO INERCIAL
RÍGIDO EM SISTEMAS HIDRÁULICOS**

UBERABA-MG
2013

ANDRÉ LUIZ SOUZA

**SOFTWARE WEB PARA SIMULAÇÃO DO MODELO DINÂMICO INERCIAL
RÍGIDO EM SISTEMAS HIDRÁULICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Inovação Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo

UBERABA-MG
2013

ANDRE LUIZ SOUZA

**SOFTWARE WEB PARA SIMULAÇÃO DO MODELO DINÂMICO
INERCIAL RÍGIDO EM SISTEMAS HIDRÁULICOS**

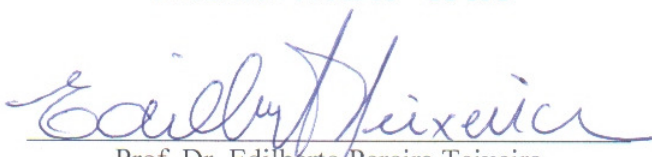
Trabalho de conclusão apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em
Inovação Tecnológica da Universidade
Federal do Triângulo Mineiro, como requisito
para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 22 de maio de 2013

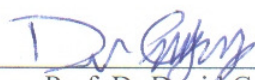
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo
Orientador – PMPIT - UFTM



Prof. Dr. Edilberto Pereira Teixeira
Membro titular - Universidade de Uberaba – UNIUBE



Prof. Dr. David Calhau Jorge
Membro Titular – PMPIT - UFTM

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo, pela sua orientação, dedicação e comprometimento para a realização deste projeto. Meus sinceros agradecimentos pelos ensinamentos, pela confiança e principalmente pela sua amizade.

Aos professores Dr. Marlei Barboza Pasotto e Dra. Lúcia Helena Pelizer Pasotto pela dedicação e empenho na coordenação do PMPIT - Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica.

Aos professores do PMPIT pela importante contribuição na minha formação.

Aos meus colegas que compartilharam dos momentos de aprendizado e crescimento pessoal e profissional.

Para minhas irmãs Alessandra e Ana Paula que mesmo distantes estão sempre presentes dentro do meu coração.

Aos meus pais Clóves e Neiva por toda uma vida de dedicação e amor.

Para minha esposa Millena, amor da minha vida. Minhas filhas Rafaela e Giovana, que me abastecem de energia com um simples abraço.

RESUMO

Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de software que permita a simulação de redes hidráulicas, avaliando o comportamento da água em sistemas de abastecimento com base no Modelo Dinâmico Inercial Rígido (MDIR). São apresentados as etapas e processos aplicados no desenvolvimento do software MDIR (Modelo Dinâmico Inercial Rígido). O uso de técnicas de engenharia de software em conjunto com tecnologias de desenvolvimento e programação para internet tornou possível um ambiente para criação de redes de distribuição e análise do comportamento da água tanto no regime permanente como não permanente. O modelo matemático utilizado no desenvolvimento deste projeto considera o efeito da inércia nas simulações, diferentemente do Epanet que é o sistema de software mais difundido na área. O uso de bibliotecas de acesso e uso gratuito disponíveis na internet, como Jointjs e Google Chart Tools, colaboraram na implementação de interfaces amigáveis e ricas em recursos. O produto final resultante deste trabalho está disponível na internet no endereço <http://mdir.sqlweb.com.br> para acesso e uso de qualquer pessoa interessada no tema.

Palavras-chave: Hidráulica. Internet. Transiente. Software.

ABSTRACT

A software system that enables the simulation of hydraulic networks is presented in this work. The behavior of water supply systems based on the dynamic inertial rigid model (MDIR) is evaluated. The steps and processes involved in the development of the software MDIR are presented. Software engineering and programming techniques are used to create an environment for the analysis of the water behavior in distribution networks, both in steady and transient states. The mathematical model used for developing this project considers the inertia effect in the simulations, unlike Epanet which is the most well known software in the area. The use of free software, such as Jointjs and Google chart tools, collaborated in the implementation of user-friendly and rich in resources interfaces. The resulting end product of this work is available on the Internet at the address <http://mdir.sqlweb.com.br> with free access to be used by anyone interested in the topic.

Keywords: Hydraulic. Internet. Transient. Software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM ACESSO À INTERNET	14
FIGURA 2 – MODELO LÓGICO DO BANCO DE DADOS.....	26
FIGURA 3 – DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO MDIR	30
FIGURA 4 – DIAGRAMA DE IMPLANTAÇÃO	34
FIGURA 5 – PÁGINA INICIAL DO SITE.....	36
FIGURA 6 – PÁGINA PARA CADASTRO.....	37
FIGURA 7 – PÁGINA PARA RECUPERAR SENHA	38
FIGURA 8 – PÁGINA PARA DESENHA REDE E VER GRÁFICOS	38
FIGURA 9 – PÁGINA COM EXEMPLO DE UMA REDE	39
FIGURA 10 – DEFINIÇÃO DOS NÓS DA REDE	41
FIGURA 11 – DEFINIÇÃO DOS RNFS DA REDE.....	42
FIGURA 12 – DEFINIÇÃO DOS TRECHOS DA REDE	43
FIGURA 13 – GRÁFICO DA ESTIMATIVA INICIAL DO REGIME PERMANENTE	44
FIGURA 14 – GRÁFICO DO REGIME TRANSIENTE.....	46

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – MELHORES PLANOS DE HOSPEDAGEM INTERNET	15
QUADRO 2 – DETALHAMENTO DO CASO DE USO FAZER ACESSO.....	31
QUADRO 3 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO FAZER CADASTRO	31
QUADRO 4 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO RELEMBRAR SENHA	31
QUADRO 5 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO DESENHAR REDE	32
QUADRO 6 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO DEFINIR TRECHO.....	32
QUADRO 7 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO	32
QUADRO 8 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO DEFINIR NÓ	33
QUADRO 9 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO SALVAR REDE.....	33
QUADRO 10 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO ABRIR REDE	33
QUADRO 11 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO EXCLUIR REDE	33
QUADRO 12 - DETALHAMENTO DO CASO DE USO VER GRÁFICOS.....	34

LISTA DE SIGLAS

API - Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicativos)

CGI - Common Gateway Interface

ERP - Enterprise Resource Planning (Sistemas Integrados de Gestão Empresarial)

HTML - HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)

HTML5 - HyperText Markup Language versão 5

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IE - Internet Explorer

IIS - Internet Information Services

MDIR - Modelo Dinâmico Inercial Rígido

MIT - Massachusetts Institute of Technology

MYSQL - é um SGBD, que utiliza a linguagem SQL

OMG - Object Management Group

PERL - Practical Extraction And Report Language

PHP - Personal Home Page Tools

RNF – reservatório de nível fixo

RTF - Revision Task Force

SGBD - Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados

SGML - Standard Generalized Markup Language

SQL - Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada)

SVG - Scalable Vector Graphics (Gráficos Vetoriais Escaláveis)

UML - Unified Modeling Language

VML - Vector Markup Language

W3C - World Wide Web Consortium

WEB - World Wide Web (também conhecida como WWW)

XHTML - eXtensible Hypertext Markup Language

XML - eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. Seleção das Tecnologias	13
3.2. Internet.....	14
3.3. HTML	15
3.4. JavaScript.....	16
3.4.1. JointJS - JavaScript Diagramming Library.....	17
3.4.2. Google Chart Tools.....	18
3.5. PHP.....	18
3.6. MySql	19
3.7. MDIR para a simulação de redes de distribuição de água	20
4. ENGENHARIA DE SOFTWARE: O DESENVOLVIMENTO	25
4.1. Projeto do Banco de Dados	25
4.2. UML	28
4.2.1. Casos de Uso	30
4.2.2. Diagrama de Casos de Uso.....	30
4.3. Diagrama de Implantação.....	34
4.4. Páginas e informações do site.....	35
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas computacionais são ferramentas importantes em diversas áreas do conhecimento. Britto (2010) demonstra que a área de software é um ramo de atividade onde o conhecimento é um fator crítico na competição e principal gerador de vantagens. Mesmo com os segmentos mais rentáveis dominados por grandes empresas multinacionais, o setor apresenta grandes oportunidades em vários nichos de mercado. Britto ressalta ainda que a estrutura do setor tende a constantes reconfigurações em função do surgimento de novas necessidades, novos produtos ou demandas setoriais. Trata-se de um processo de crescente internacionalização de mercados e estratégias que converte a qualidade e produtividade em fatores determinantes da competitividade. O desenvolvimento de software envolve mais diretamente a acumulação de conhecimentos, qualificação técnica pessoal, realização de esforços metodológicos para o aprofundamento da interação com usuários.

Na área de gestão, as empresas usam software denominado sistema ERP (Enterprise Resource Planning) que é reconhecidamente uma ferramenta imprescindível para o controle dos processos e dados. Nesse segmento, Saccol (2004) demonstra a importância deste tipo de sistema sob diversos aspectos, como por exemplo, eficiência/eficácia organizacional, produção, mercado e fornecedores. Conclui em sua pesquisa que esse tipo de sistema facilita a gestão, integração e comunicação entre diferentes unidades organizacionais e com outras organizações.

A área educacional é outro setor que tem à disposição uma série de sistemas de software para diversos fins. Fialho (2010) explica que as tecnologias da comunicação e informação estão presentes no cotidiano com inovações que facilitam o conhecimento através de novas representações que são inseridas no âmbito educacional. O computador e sua utilização em ambientes escolares permite uma ampliação de estratégias pedagógicas que podem favorecer o processo ensino e aprendizagem.

O uso de software faz parte da rotina no cotidiano das pessoas para as mais diversas finalidades. Entre professores e estudantes o uso de programas de

computador é requisito para execução de várias tarefas, seja na comunicação com uso de e-mail ou para simulação de fenômenos. É um público que está habituado no uso de diversas soluções computacionais, inclusive da internet que é fonte rica em ferramentas nas mais diversas áreas do conhecimento.

De modo geral, as pessoas têm facilidade na utilização de software porque há um padrão de comportamento nas funcionalidades básicas. Assim, com conhecimento prévio sobre um assunto fica fácil desvendar as funcionalidades e recursos de software da respectiva área.

Uma das grandes áreas do conhecimento das engenharias, principalmente da Engenharia Civil e Ambiental, é a análise de sistemas de abastecimento de água. Anjo (2008) explica que um sistema de abastecimento de água é caracterizado pelo conjunto de dispositivos (bombas, válvulas, reservatórios, equipamentos de controle, etc.) e condutos, destinados ao transporte de um fluido (no caso em estudo - água), com a finalidade de atender os diversos pontos de consumo da cidade, com vazões e pressões convenientes. Na sua operação, podem aparecer vários problemas como: oscilação de pressão e de vazão, rompimento das tubulações, perdas por vazamento, falhas em mecanismos de válvulas de controle.

Outro fato a ser considerado vem da necessidade de se ter que atender demandas advindas do crescimento populacional, acima dos valores previamente projetados para a instalação, resultando em comportamentos e operações inadequados.

Isso tem levado os gerenciadores desses serviços a buscarem alternativas que contribuam para um melhor gerenciamento e acompanhamento das demandas do sistema, garantindo uma maior confiabilidade operacional. Com um controle operacional adequado, consegue-se atender as necessidades de consumo, fazendo com que os serviços prestados à comunidade sejam satisfatórios e eficazes, evitando assim, desperdícios, contaminações e problemas de oscilações de pressões.

Em instalações hidráulicas, em geral, há diversos sistemas de software que colaboram para a obtenção de resultados melhores ou na simulação de sistemas. Como exemplo, podemos citar o programa computacional Bubbler, versão 1.1, considerado adequado ao dimensionamento hidráulico de um projeto de irrigação de pequeno porte e baixa pressão (Souza et al., 2005). Outro exemplo é que para estudar o comportamento da equação de Swamee-Jain nas mais variadas situações de condução de água em sistemas pressurizados um aplicativo computacional foi desenvolvido usando o compilador Visual Basic (Andrade et al., 2001).

Soares (2004) usa o software Epanet e Algoritmos Genéticos desenvolvidos com a linguagem de programação C++ para avaliar as perdas por vazamentos de um setor da rede de distribuição de água da cidade de Campo Grande-MS. Considerando a complexidade do sistema avaliado, os resultados apresentados foram muito satisfatórios e evidenciam a necessidade das companhias de saneamento em utilizar ferramentas computacionais que representem as condições de campo com um nível de realismo maior.

Quando o assunto é Hidráulica, o software mais popular e reconhecido pela comunidade técnico-científica é o Epanet que dispõe de várias funcionalidades. Trata-se de um programa de computador que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição pressurizada. Foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano. Pode ser utilizado em diversas situações onde seja necessário efetuar simulações de sistemas pressurizados de distribuição (ROSSMAN, 2009, p. 17).

Anjo e Luvizotto Jr. (2008) investiga a formulação do modelo dinâmico inercial rígido (MDIR) para adequá-la à mesma estrutura que define o sistema de equações com o qual é obtida a solução hidráulica no programa Epanet. Demonstra que no MDIR, por levar em consideração o efeito da inércia em sua estrutura de cálculo, as simulações apresentam-se mais fisicamente adequadas quando comparadas com a do Epanet.

Com base neste cenário surgiu, a motivação para o desenvolvimento de um software via web que ofereça a engenheiros, técnicos, estudantes e demais interessados em Hidráulica a possibilidades de simular o MDIR. Acredita-se que, com esse software via web, os profissionais de engenharia que já empregam cotidianamente o “software” EPANET serão beneficiados com a nova implementação.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é criar um software via web utilizando a formulação do modelo dinâmico inercial rígido (MDIR) para simulação do comportamento da água em sistemas de abastecimento de água.

O uso do MDIR irá permitir que as análises do comportamento da água em período extensivo (já simuladas pelo software Epanet) sejam mais condizentes com a realidade, ou seja, contemplando os efeitos da inércia.

Como contribuição complementar pretende-se apresentar as possibilidades da utilização do software via web nas simulações do comportamento da água em redes de distribuição tanto no regime permanente como não permanente.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Seleção das Tecnologias

É grande o número de tecnologias computacionais disponíveis atualmente no mercado. Escolher a combinação de tecnologias de software para uso nos diversos dispositivos de hardware requer cuidados especiais para que o resultado atenda às expectativas. O canal mais prático e eficiente para atingir a maior parte do público desejado, sem dúvida, é a internet. Oferecer o software para download tem a desvantagem de ter que adaptá-lo aos diferentes sistemas operacionais disponível

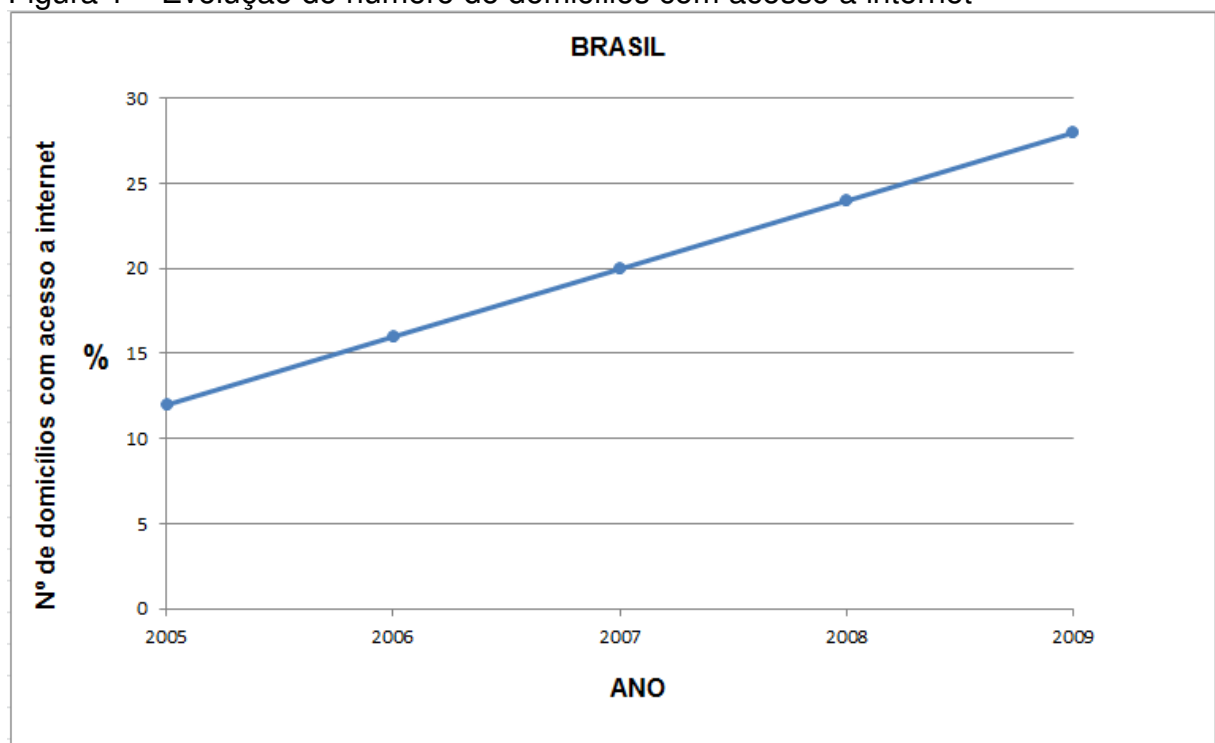
nos dispositivos dos usuários. Desenvolver o aplicativo na forma de páginas web em um site, além de estar disponível a qualquer computador conectado usando navegador compatível, evita controle de versões e atualizações por parte do usuário.

3.2. Internet

A internet se transformou em uma plataforma atraente para as mais diversas aplicações, bem diferente do cenário na primeira década de sua existência. A evolução e criação de novas tecnologias tornaram a internet um ambiente ideal para disponibilizar soluções nas mais diversas áreas.

A Figura 1, apresenta percentualmente o crescimento do número de domicílios com acesso à internet entre 2005 e 2009, no Brasil, segundo o IBGE (2013). É objeto de desejo, também dos brasileiros, porque é uma fonte de informações, notícias, entretenimento, acesso a serviços entre outros.

Figura 1 – Evolução do número de domicílios com acesso à internet



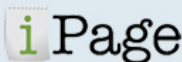
Fonte: IBGE (2013).

Um canal que oferece tamanha abrangência a um custo muito baixo se mostra como a melhor opção para disponibilizar o software desenvolvido neste

projeto. Alternativas de hospedagem gratuita, como <http://qlix.com.br>, não foram consideradas em função da obrigatoriedade de veiculação de peças publicitárias no site.

O Quadro 1, mostra como é baixo o custo para hospedagem de sites na internet. Os cinco melhores planos, segundo o site <http://top10bestwebsitehosting.com>, tem custo mensal inferior a três dólares.

Quadro 1 – Melhores planos de hospedagem internet

↕ RANK	WEB HOST	↕ PRICE	↕ MONEY BACK	↕ FEATURES	↕ RELIABILITY SCORE	↕ CUSTOMER RATINGS	MORE INFO
1	 iPage	\$1.99	Anytime	Space: Unlimited Traffic: Unlimited Domain: Free	99 ⓘ	★★★★★	iPage Review Visit Site
2	 justhost.com	\$2.95	Anytime	Space: Unlimited Traffic: Unlimited Domain: Free	97 ⓘ	★★★★★	Justhost Review Visit Site
3	 network solutions	\$ 0.99	30 Days	Space: Unlimited Traffic: Unlimited Domain: Free	99 ⓘ	★★★★★	NetworkSolutions Review Visit Site
4	 GoDaddy.com	\$1.99	Anytime ⓘ	Traffic: Unlimited Space: 100GB Domain: Free	99 ⓘ	★★★★★	Godaddy Review Visit Site
5	 Host Gator	\$3.96	45 Days	Space: Unlimited Traffic: Unlimited Domain: Free	97 ⓘ	★★★★★	Hostgator Review Visit Site
6	 bluehost	\$4.95	Anytime	Space: Unlimited Traffic: Unlimited Domain: Free	97 ⓘ	★★★★★	Bluehost Review Visit Site

Fonte: TOP10BESTWEBSITEHOSTING.COM (2013).

Em vários planos, como no caso da empresa lpage.com, o espaço em disco e tráfego de dados é ilimitado o que viabiliza o uso do site por um número ilimitado de usuários sem alteração no custo.

3.3. HTML

Como explica Bax (2001), é uma linguagem de origem na SGML e possui um grupo de Tags pré-definidos com a função de especificar a organização da informação enviada via internet no formato de páginas Web. É padrão usado em aplicações como navegadores, editores, software de e-mail. HTML é limitada, apenas indicando como o navegador deve mostrar as informações, definindo assim uma marcação estrutural e não semântica.

Segundo Lubbers (2011), a história do HTML tem início em 1993 como um projeto de internet e em função da enorme quantidade de atividade evoluiu nas versões 2, 3.2, 4 e 4.01, em 1999. Nessa trajetória, seu desenvolvimento passou a ser responsabilidade do consórcio W3C que define as especificações da linguagem. Após quatro versões, o foco dos padrões web mudou para XML e XHTML, mas a maioria do conteúdo da internet continuou em HTML que necessitava de mudanças para suprir deficiências. Foi delegada a um pequeno grupo de pessoas a especificação da próxima versão do HTML, para remediar as deficiências com novas funcionalidades voltadas especificamente para aplicações web. Este trabalho resultou na versão 5, conhecida como HTML5, lançada em 2004.

3.4. JavaScript

Segundo Flanagan (2004), JavaScript é uma linguagem de programação de uso geral com utilização não restrita aos navegadores web. Foi projetada para ser incorporada em qualquer aplicativo e fornecer recursos de criação de scripts. Desde o início os servidores Web da Netscape incluíram um interpretador JavaScript de modo que scripts do lado servidor pudessem ser escritos nesta linguagem. Da mesma forma, a Microsoft utiliza seu interpretador JScript no servidor Web IIS e em seu Windows Scripting Host além do Internet Explorer.

Mesmo podendo ser usada em servidores, está presente fortemente no lado cliente das aplicações web, executando tarefas programadas dentro das páginas HTML processadas pelos navegadores dos usuários. Guarnieri (2009) que estuda a segurança de códigos JavaScript, relata que com o sucesso da web 2.0 aumentou significativamente o seu uso no lado cliente, eventualmente combinado com outras linguagens.

Como explica Yue (2009), a segurança é um aspecto importante na engenharia web que deve ser seriamente levada em consideração no desenvolvimento de sistemas com alta qualidade. Em seu estudo conclui que 66% dos sites possuem direta ou indiretamente arquivos JavaScript de domínios externos, o que não é considerado uma boa prática.

JavaScript tem uma participação importante na implementação deste projeto, visto que após um grande número de testes e simulações foram selecionadas duas bibliotecas para fins específicos. A Jointjs foi selecionada para permitir que o usuário possa movimentar os elementos da rede na página do site, usando do recurso de clicar e arrastar, organizando da forma que desejar. Nesse caso, foi possível fazer uma cópia do código JavaScript para dentro do domínio do projeto aumentando assim a segurança do sistema, como demonstrado por Yue (2009).

Outra biblioteca selecionada para utilização foi a Google Chart Tools com o arquivo <https://www.google.com/jsapi>, utilizada para construção dos gráficos com os resultados dos cálculos do MDIR. Nesse caso, não foi possível obter uma cópia para hospedar dentro do domínio do projeto por uma restrição do fabricante. Mesmo com essa característica, considerada por Yue (2009) como uma prática não adequada no quesito segurança, a biblioteca foi adotada levando-se em consideração a idoneidade do fabricante e os recursos técnicos disponíveis que atendem às necessidades do projeto.

3.4.1. JointJS - JavaScript Diagramming Library

Durman (2013), explica que JointJS é uma biblioteca JavaScript para criar diagramas que podem ser totalmente interativos. A biblioteca é adequada tanto para implementação de uma ferramenta de diagramação como simplesmente para publicar seus diagramas.

Várias características contribuíram para que a JointJS fosse selecionada para prover os recursos de desenho da rede no projeto:

- Ampla documentação oferecendo guia de referência com a relação de classes disponíveis bem como sua utilização, métodos e propriedades;
- Exemplos demonstrando as diversas aplicações com código bem escrito e de fácil entendimento;
- O fabricante, sob a licença MIT, permite total liberdade para utilização sem restrição, sem limitação, com direito de usar, copiar, modificar, mesclar, publicar, distribuir, sublicenciar e / ou vender cópias do Software, e permite que a pessoa a quem o Software seja fornecido a fazê-lo.

3.4.2. Google Chart Tools

O Google Chart Tools fornece uma maneira perfeita para visualizar dados em páginas da internet. De gráficos de linhas simples a complexos mapas de árvore hierárquica trata-se de uma galeria com vários tipos de gráficos de fácil uso e rico em detalhes e recursos. Os gráficos são expostos como classes JavaScript, embora a aparência padrão é melhor para a maioria das situações, pode-se facilmente personalizar um gráfico para ajustar a aparência necessária no site. Os gráficos são altamente interativos e expõe eventos que permitem criar recursos complexos ou outras experiências integradas com sua página. Os gráficos são processados usando tecnologia HTML5/SVG para fornecer compatibilidade cross-browser (incluindo VML para versões mais antigas do IE) e portabilidade de plataforma cruzada para iPhones, iPads e Android. Plugins não são necessários, o que torna o acesso mais simples e prático (Google, 2013).

Várias opções de bibliotecas gráficas foram avaliadas e testadas para utilização neste projeto. Como o principal resultado do software desenvolvido é a apresentação de gráficos que demonstram o comportamento de uma rede hidráulica, esta escolha é importante porque o usuário precisa ter qualidade na visualização dos dados. Dentre todas as opções avaliadas, o Google Chart Tools demonstrou capacidade para trabalhar com grande volume de dados, eficiência na troca de parâmetros dos gráficos, além de recursos visuais adequados para uma análise mais detalhada das informações.

3.5. PHP

Segundo Hughes (2001) a linguagem de programação para internet PHP surgiu da necessidade de Rasmus Lerdorf detectar quem estava lendo seu currículo online. Ele escreveu a versão inicial em uma tarde usando uma combinação de Perl (Practical Extraction And Report Language) e CGI (Common Gateway Interface), posteriormente reescreveu o código Perl na linguagem C para eliminar a sobrecarga cada vez que seu currículo era acessado.

Depois de algum tempo, as pessoas que estavam no mesmo Servidor Web solicitaram que Lerdorf liberasse o acesso ao PHP. Quanto mais pessoas usavam o código mais solicitações de novos recursos eram requeridas, resultando na distribuição de um pacote com a documentação, este pacote recebeu o nome de Personal Home Page Tools. Em seguida, o nome mudou para Personal Home Page Construction Kit e junto com os novos recursos foram incorporadas rotinas para processamento de códigos SQL no uso de banco de dados.

Estrozi (2010) relata que o PHP coloca-se como uma das mais poderosas ferramentas para os profissionais de desenvolvimento e programação voltada para a Internet. É capaz de reduzir bruscamente a quantidade de tempo necessário para a realização de um projeto ou mesmo permitir que novos mecanismos sejam criados de maneira que se possa obter um produto final diferenciado e digno de destaque.

O PHP teve participação importante neste projeto para fazer os cálculos do MDIR gerando os dados necessários para os gráficos além de todo o controle para armazenar as informações das redes no banco de dados. Dentre os recursos técnicos disponíveis e usados vale destacar a função Array() que viabilizou o trabalho com matriz, que está fortemente presente no algoritmo do MDIR. As funções matemáticas também foram decisivas possibilitando todos os cálculos, inclusive alguns mais complexos.

3.6. MySql

De acordo com Lobo (2008) a internet crescia assustadoramente em meados de 1997 e os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) utilizados nas empresas eram voltados para robustez, segurança e confiabilidade. Surgem então duas novas características que deveriam estar presentes nos SGBDs: rapidez e flexibilidade. Na época, era difícil encontrar um SGBD com todas as características reunidas, mesmo as empresas precisando de mais performance e flexibilidade.

Reunir todas as características necessárias em um único SGBD era um desafio que foi enfrentado por um grupo de desenvolvedores que criou um sistema para armazenamento e gerenciamento de dados rápido, flexível e seguro que

recebeu o nome de MySQL. Tornou-se popular rapidamente em função da sua rapidez e flexibilidade além de ser compatível com vários sistemas operacionais.

Até a quinta versão, o MySQL era muito utilizado na internet, mas passou a ser opção também em computadores locais e remotos porque ganhou características compatíveis com os robustos servidores de banco de dados como tabelas seguras e transações.

Com relação aos requisitos de tecnologia de banco de dados, o projeto apresentado neste trabalho não requer recursos especiais ou configurações técnicas diferentes dos sistemas tradicionais. Mesmo com esse cenário, a escolha do software MySQL como sistema de gerenciamento de banco de dados levou em consideração os seguintes fatores:

- Disponível na maioria dos planos de hospedagens das empresas que oferecem o serviço de Hosting;
- Compatibilidade com a linguagem de programação PHP;
- Número de funções disponíveis no PHP para acesso, controle e manipulação das requisições ao banco de dados;
- Histórico de sucesso do seu uso em projetos de software para internet.

3.7. MDIR para a simulação de redes de distribuição de água

Como explica Anjo e Luvizotto Jr. (2008), usualmente os modelos dinâmicos inerciais são utilizados na análise de escoamentos variados em que se considera a importância do efeito da inércia do movimento de fluido, como é o caso do golpe de aríete e dos escoamentos oscilatórios.

Nos modelos dinâmicos em que não se consideram os efeitos da inércia do escoamento é admitido que a característica dinâmica seja fornecida por alterações temporais das condições de contorno, como por exemplo, variação dos níveis dos reservatórios, variação de demandas etc. Estes modelos são usualmente empregados nas análises em período extensivo, como uma sucessão de aplicações do modelo estático, após alteração das condições de contorno em cada intervalo de análise.

Pela natureza das equações que os governam, os modelos estáticos permitem apenas a análise em regime permanente, onde as grandezas associadas ao escoamento não variam no tempo.

Sob um ponto de vista conceitual, os modelos dinâmicos inerciais elásticos englobam os demais modelos como subcasos decorrentes de simplificações naturais deste caso geral. Koelle (1989) descreve a possibilidade de um tratamento unificado para o escoamento permanente, transitório e oscilatório com base neste modelo geral. Luvizotto Jr. (1995) apresenta uma sistematização para a construção de um simulador hidráulico em período extensivo utilizando o modelo dinâmico inercial elástico, valendo-se de celeridades e comprimentos fictícios para as tubulações com o objetivo de acelerar a convergência do processo, quando simula o regime permanente.

As equações gerais que governam o escoamento fluido nos condutos de uma instalação hidráulica a pressão, permitem a determinação das variáveis de estado; carga e vazão ao longo da tubulação no transcorrer do tempo; $H = H(x,t)$ e $Q = Q(x,t)$, onde x é a distância medida ao longo do eixo da tubulação e t o tempo transcorrido. Sob as hipóteses do modelo dinâmico inercial elástico, estas equações podem ser expressas através das equações da continuidade e da quantidade de movimento na forma (Streeter, 1993):

$$\begin{cases} \frac{gA}{a^2} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 & \text{continuidade} \\ \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + f \frac{Q|Q|}{2gDA^2} = 0 & \text{quantidade de movimento} \end{cases} \quad (3.1a, b)$$

Sob a hipótese de modelo rígido, a celeridade de propagação (a) torna-se infinita, levando a zero o primeiro termo do lado esquerdo da equação da continuidade, reduzindo esta equação a $\partial Q / \partial x = 0$, de onde conclui-se que a vazão será a mesma em toda a extensão da tubulação para cada instante de tempo t , logo $Q = Q(t)$ e $\partial Q / \partial t = dQ / dt$.

A equação da quantidade de movimento integrada entre as seções extremas da tubulação, (1) seção de montante e (2) seção de jusante, distantes um comprimento L medido ao longo de seu eixo, permite obter:

$$(H_2 - H_1) + f \frac{LQ|Q|}{2gDA^2} = -\frac{L}{gA} \frac{dQ}{dt} \quad (3.2)$$

resultando na equação que governa o modelo dinâmico inercial rígido.

Nos próximos parágrafos desse item 3.7 encontra-se toda a dedução das equações do MDIR apresentada no trabalho de Anjo e Luvizotto Jr. (2008).

A equação do modelo rígido pode ser expressa na seguinte forma matricial, aproveitando-se das definições das matrizes definidas para o modelo estático:

$$A_{12}H + A_{10}H_0 + f(Q) = -\beta \frac{dQ}{dt} \quad (3.3)$$

onde β é uma matriz diagonal quadrada de ordem np , com o elemento (i,i) , formado pela relação obtida do tubo i , dada por $\beta_{ii} = L_i / (gA_i)$.

Utilizando uma aproximação simples para dQ/dt , na forma: $(Q - Q_0)/\Delta t$, com que Q_0 avaliada em K relativa ao instante (t) e Q avaliada em $(K+1)$ no instante $(t + \Delta t)$, e considerando que na evolução no tempo o termo de atrito possa ser avaliado em relação ao instante t , pode-se reescrever a equação anterior como:

$$A_{12}H + A_{10}H_0 + GQ_0 + BQ = 0 \quad (3.4)$$

onde G e B são matrizes diagonais quadradas de ordem np :

$$G = \begin{bmatrix} R_1|Q_{01}| - B_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & R_{np}|Q_{0np}| - B_{np} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{L_1}{gA_1\Delta t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{L_{np}}{gA_{np}\Delta t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\beta_1}{\Delta t} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \frac{\beta_{np}}{\Delta t} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

O sistema de equações a ser resolvido para a solução do problema será:

$$\begin{cases} A_{12}H + BQ = GQ_0 - A_{10}H_0 \\ A_{21}Q = q \end{cases} \quad (3.7)$$

que resulta no sistema de equações:

$$\begin{bmatrix} B & A_{12} \\ A_{21} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Q \\ H \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} GQ_0 - A_{10}H_0 \\ q \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

que é linear e tendo como uma propriedade importante o fato da matriz dos coeficientes ser constante, ou seja será montada apenas uma vez durante o processo de solução. O vetor de soluções é variável no tempo e dependerá da equação de resistência utilizada. Considerando a Fórmula Universal de perda de carga pode-se escrever:

$$A_{21}B^{-1}GQ_0 - A_{21}B^{-1}A_{12}H - A_{21}B^{-1}A_{10}H_0 = q \quad (3.9)$$

Separando os termos da equação acima tem-se:

$$A_{21}B^{-1}A_{12}H = A_{21}B^{-1}GQ_0 - A_{21}B^{-1}A_{10}H_0 - q \quad (3.10)$$

Chamando o produto de matrizes, que multiplica as cargas incógnitas, de J e o vetor resultante do segundo membro de F :

$$JH = F \quad (3.11)$$

Uma vez obtida a solução para o sistema de equação dada por (3.11), para a determinação do vetor de cargas, pode-se obter as vazões pela equação:

$$Q = B^{-1} G Q_0 - B^{-1} A_{12} H - B^{-1} A_{10} H_0 \quad (3.12)$$

O processo de solução se dá da seguinte forma: resolve-se o sistema de equações para a determinação das cargas, equação (3.11), com os valores de carga obtidos determinam-se as vazões nos tubos por operações matriciais simples obtidas pela equação (3.12).

Deve se observar que a matriz inversa que permite a solução do sistema de equações em (3.11), se mantém constante durante todo o processo, sendo, portanto necessário calculá-la apenas uma vez, pois B não está expresso em termos das vazões. Esta observação pode ser importante, pois o fato de não necessitar o recálculo da matriz inversa, se o sistema for demasiadamente grande pode reduzir significativamente o tempo final de processamento.

Cabe observar a diferença fundamental de convergência do método não inercial que consta no software Epanet e o MDIR. No primeiro caso a convergência é numérica e decorrente do processo de minimização de resíduos, no segundo caso trata-se de uma evolução no tempo (convergência no tempo) em que o fenômeno é descrito fisicamente a partir de uma condição inicial para outra condição qualquer.

Se o interesse é a de obtenção da condição estática, como faz o modelo estático empregado no EPANET, o modelo proposto também poderá ser empregado. Nesse caso pode se abrir mão da precisão numérica durante a condição transitória para se obter a aceleração da convergência para o regime permanente adotando-se valores de dt maiores. Cabe observar que o dt é a discretização numérica de uma equação diferencial e, portanto para garantir sua

adequação ao fenômeno físico este valor deve ser pequeno para garantir a representação da derivada. O uso de $dt's$ grandes (dentro de certos limites, como serão observados em exemplos ilustrativos) não traduz corretamente a evolução do fenômeno físico, embora para os testes efetuados tenha-se obtido a convergência para o regime permanente final, de forma acelerada.

4. ENGENHARIA DE SOFTWARE: O DESENVOLVIMENTO

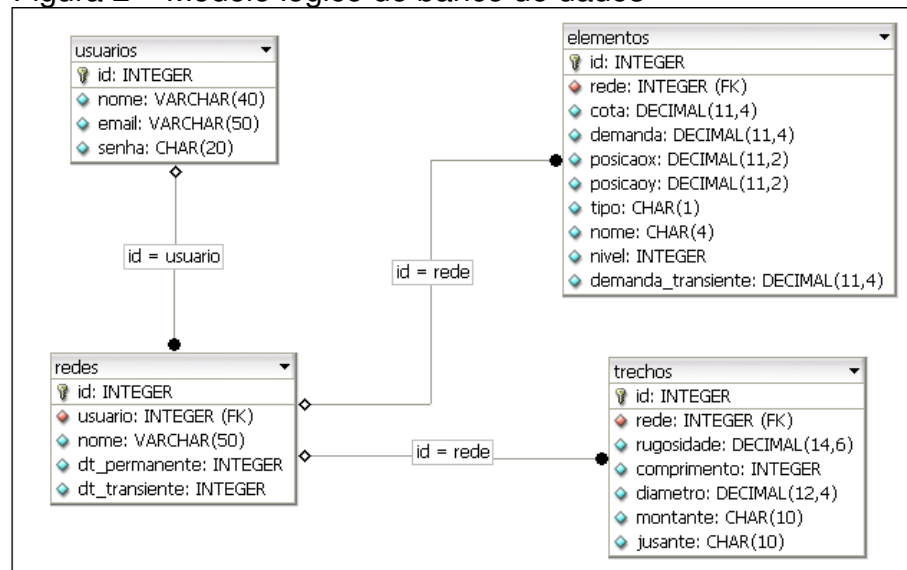
O software que permite a simulação do MDIR está em um site na internet disponível no endereço <http://mdir.sqlweb.com.br>. É o produto deste trabalho desenvolvido após meses de testes de tecnologias e desenvolvimento de códigos. Pode ser usado por qualquer usuário gratuitamente após um rápido cadastro. O cadastro se faz necessário para que seja possível controlar quem é o autor de cada rede com suas definições, evitando o acesso indevido. A sigla MDIR definida por Anjo (2008) foi escolhida como nome do software/site.

4.1. Projeto do Banco de Dados

Na primeira versão do MDIR, é possível montar uma rede hidráulica com três elementos: nó, reservatório de nível fixo e trechos. Porém o projeto de banco de dados está estruturado para que nas próximas versões outros elementos possam ser inseridos, como por exemplo, válvula e bomba.

O modelo lógico do banco de dados, ilustrado na Figura 2, apresenta quatro tabelas.

Figura 2 – Modelo lógico do banco de dados



Fonte: Acervo do autor (2013).

A tabela usuários com as colunas “id” para identificação interna, a coluna “nome” para armazenar o nome completo do usuário, a coluna “e-mail” registra o e-mail de contato do usuário para, por exemplo, recuperar uma senha esquecida e finalmente a coluna senha onde é gravada a senha do usuário.

A tabela redes possui a coluna “id”, como em todas as tabelas para identificação interna do sistema, a coluna usuário para identificar o proprietário da rede demonstrado na ligação com a tabela usuários. O usuário deve dar um nome para sua rede que será armazenado na coluna nome além de estipular “dt_permanente” e “dt_transiente” que é o incremento de tempo usado no cálculo para o regime permanente e transiente, como apresentado por Anjo (2008).

No projeto de banco de dados, a rede é composta pelos elementos Nó, RNF (Reservatório de Nível Fixo) além de trechos, que são os tubos de conexão entre os elementos. Os elementos são armazenados na tabela elementos que possui as seguintes colunas:

- **Rede:** identifica a qual rede pertence o elemento, inclusive no modelo lógico do banco de dados há o relacionamento desta coluna com a coluna id da tabela redes;
- **Cota:** registra a cota definida em metros pelo usuário ao inserir o elemento na rede;

- **Demanda:** grava o valor de uma demanda para o elemento, a unidade é metros cúbicos por segundo;
- **Posição x e posição y:** ao inserir o elemento na tela o usuário pode movimentá-lo colocando onde julgar mais conveniente no desenho da rede. Nestas colunas é registrada a coordenada x y em pixels onde o elemento está posicionado. Esta informação torna possível posicionar todos os elementos da rede na coordenada selecionada pelo usuário;
- **Tipo:** nesta coluna fica registrada uma letra referente ao tipo do elemento da rede. Por exemplo, a letra N se é um Nó e R se é um RNF;
- **Nome:** é preciso dar nomes aos elementos da rede para que em uma análise as pessoas possam se referir ao elemento pelo nome. O nome registrado nesta coluna é apresentado no elemento na rede desenhada pelo usuário;
- **Nível:** coluna de preenchimento não obrigatório porque não necessariamente todos os elementos possuem um nível;
- **Demanda transiente:** quando o usuário cria um elemento na rede a demanda transiente recebe o mesmo valor informado para a coluna demanda, que é usada no cálculo do regime permanente. O usuário tem a opção de alterar a demanda transiente para ver o comportamento da rede no regime transiente.

Para armazenar as informações dos trechos da rede foi definida a tabela trechos com as seguintes colunas:

- **Rede:** identifica a qual rede pertence o trecho, no modelo lógico do banco de dados há o relacionamento desta coluna com a coluna id da tabela redes;
- **Rugosidade:** armazena a rugosidade do tubo informada pelo usuário ao inserir o trecho na rede;
- **Diâmetro:** registra o diâmetro do tubo digitado pelo usuário ao colocar o trecho na rede;
- **Montante:** para inserir um trecho na rede, o usuário deve informar a origem do trecho e essa informação é armazenada nesta coluna;
- **Jusante:** além da origem o usuário deve informar a jusante que é o destino do trecho, informação registrada nesta coluna.

Importante ressaltar que, no modelo lógico do banco de dados, não há o uso de acentuação, cedilha ou outros tipos de caracteres considerados especiais. Este

fato se deve a uma prática comum na definição da nomenclatura dos elementos do banco de dados uma vez que os caracteres especiais podem gerar eventuais incompatibilidades entre tecnologias.

O modelo também apresenta ligações entre as tabelas que são os relacionamentos. Como detalha Date (2004), relações são (conjuntos de) coisas que dizemos a respeito das coisas sobre as quais podemos falar. É uma metodologia com a qual se obtém maior eficiência na estrutura projetada para armazenar as informações em banco de dados, com o uso de tabelas e a relação entre suas informações.

No projeto de banco de dados, há três relacionamentos representados pelas ligações entre as quatro tabelas. O relacionamento rotulado com id = usuário permite relacionar os usuários cadastrados com as suas redes. Os dois outros relacionamentos rotulados com id = rede permitem relacionar cada rede com seus elementos e trechos.

Dubios (2012) apresenta como solução para evitar a duplicidade de dados nas tabelas, o uso de chave primária ou índice único. Para garantir que as linhas de uma tabela sejam únicas, uma coluna ou combinação de colunas devem conter valores exclusivos de cada linha. Quando esse requisito é satisfeito, é possível se referir a qualquer linha na tabela de forma inequívoca usando seu identificador único.

Para se certificar que uma tabela tem essa característica, deve se definir uma chave primaria ou criar um índice exclusivo na estrutura da tabela no momento da criação. Essa ação foi acatada no projeto como mostra o modelo lógico do banco de dados com a definição da coluna id como chave primária em todas as tabelas.

4.2. UML

Booch (2005) descreve que a Uml é o trabalho de várias pessoas, e as ideias que ali se encontram vêm de muitos trabalhos anteriores. Seria difícil identificar os muitos precursores que influenciaram a Uml, de maneira mais ou menos relevante.

Por vários anos, a manutenção foi assumida pela RTF (Revision Task Force) do OMG (Object Management Group), que produziu e atualizou a especificação da versão dois.

Ressalta ainda que projetos de software malsucedidos falham em relação a aspectos únicos e específicos de cada projeto, mas todos os projetos bem-sucedidos são semelhantes em diversos aspectos. Existem muitos elementos que contribuem para um software de sucesso, um desses componentes é a utilização da modelagem. É uma técnica de engenharia aprovada e bem aceita em vários outros setores além da computação.

Ramos (2006) relata que a produção de software é, frequentemente, uma atividade não muito bem arquitetada, por vezes caótica, sem orientações de natureza estratégica e planos de gerenciamento e controle. Os problemas associados ao desenvolvimento de um software são de tal dimensão que é fundamental a definição e a aplicação de princípios, regras e estratégias que conduzam a melhorias significativas em todo o desenvolvimento do projeto.

Em qualquer desenvolvimento de sistemas de informação, é preciso definir passos, regras e coordenar corretamente as interações entre as pessoas, os procedimentos aplicados, as características do produto e o projeto que orienta as atividades a serem desenvolvidas.

Fowler (2005) explica que um bom diagrama frequentemente pode ajudar a transmitir ideias sobre um projeto, particularmente quando se quer evitar muitos detalhes. Os diagramas também podem ajudá-lo a entender um sistema de software ou um processo de negócio. Como integrante de uma equipe tentando descobrir algo, os diagramas ajudam toda a equipe tanto a entender como comunicar esse entendimento. Embora eles não sejam substitutos, pelo menos ainda, para as linguagens de programação textuais, são um útil assistente.

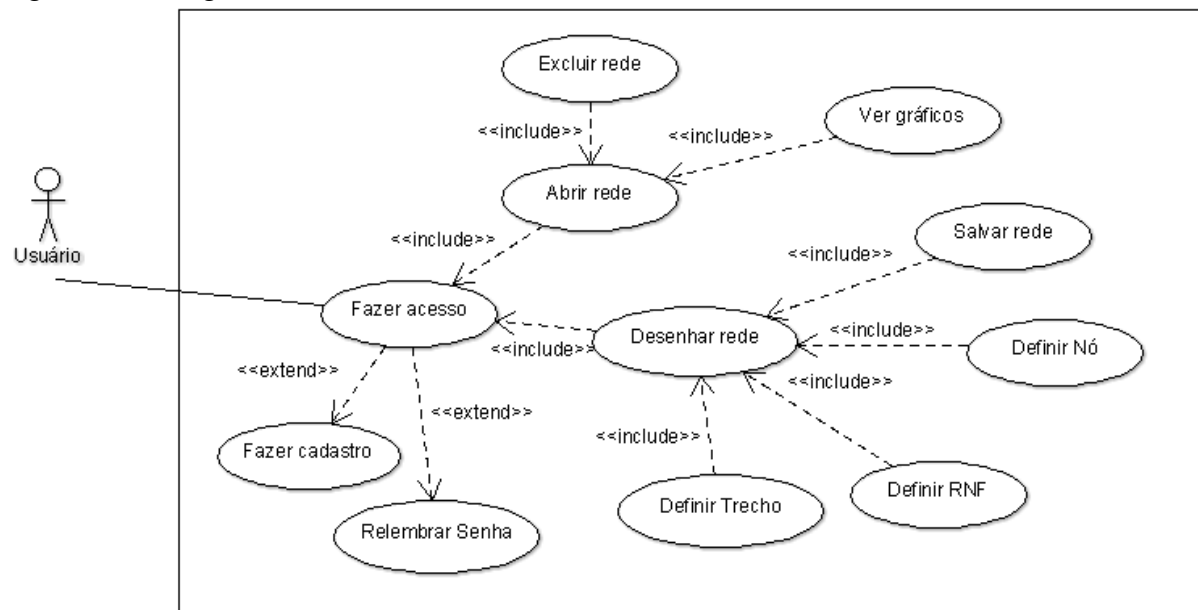
4.2.1. Casos de Uso

Larman (2008) explica que casos de uso são narrativas em texto, amplamente utilizadas para descobrir e registrar requisitos. Influenciam muitos aspectos de um projeto inclusive na programação orientada a objetos. Servem de entrada para vários artefatos subsequentes nos estudos de caso.

Um ator é algo com comportamento, tal como uma pessoa, um sistema de computador ou uma organização. O cenário é uma sequência específica de ações e interações entre atores e o sistema. É também chamado de instância de caso de uso. Caso de uso é uma coleção de cenários relacionados de sucesso e fracasso, que descrevem um ator usando um sistema como meio para atingir um objetivo.

4.2.2. Diagrama de Casos de Uso

Figura 3 – Diagrama de casos de uso do MDIR



Fonte: Acervo do autor (2013).

A figura 3 apresenta o diagrama de casos de uso elaborado para o projeto. São onze casos de uso especificados nos quadros a seguir:

Quadro 2 – Detalhamento do caso de uso Fazer acesso

1. FAZER ACESSO: Responsável pela identificação do usuário que pretende usar o site.
Curso normal: 1.1. O usuário informa seu e-mail e senha que são verificados junto ao banco de dados. 1.2. Com e-mail e senha informados corretamente o usuário é direcionado para o caso de uso desenhar rede
Cursos alternativos: 1.1.1. Caso o e-mail informado não exista no banco de dados mostre a mensagem dados inválidos. 1.1.2. Se o usuário informar uma senha errada deve receber a mensagem de dados inválidos.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 3 - Detalhamento do caso de uso Fazer cadastro

2. FAZER CADASTRO Quando o usuário vai fazer acesso ao site tem a opção de criar uma conta informando nome, e-mail e senha de acesso.
Curso normal: 2.1. O usuário informa o nome completo, e-mail para contato e senha para acesso e solicita cadastro. 2.2. Após verificar se foi informado nome, senha e e-mail válido e inexistente no banco de dados, é processado o cadastro. O usuário recebe a mensagem de cadastro com sucesso e é direcionado para fazer acesso.
Curso(s) alternativo(s): 2.1.1. Caso o e-mail informado não seja válido mostrar a mensagem inserir um endereço de e-mail. 2.1.2. A senha deve ser informada duas vezes e comparadas para evitar erro de digitação.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 4 - Detalhamento do caso de uso Relembrar senha

3. RELEMBRAR SENHA: Responsável pelo envio da senha para o usuário que não lembra.
Curso normal: 3.1. O usuário informa seu e-mail e solicita o envio da senha cadastrada para sua conta de e-mail. 3.2. Se existe o e-mail cadastrado no banco de dados gera um e-mail com a senha e envia para o usuário.
Curso(s) alternativo(s): 3.1.1 Caso o e-mail informado não exista no banco de dados, mostre a mensagem Não há registro para este e-mail.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 5 - Detalhamento do caso de uso Desenhar rede

4. DESENHAR REDE: É o processo que oferece ao usuário a opção de desenhar uma rede inserindo Nós, Reservatórios e trechos com as respectivas especificações.
Curso normal: 4.1. Informa os elementos da rede. 4.2. Informa um nome para a rede, 4.3. Definir os valores de incremento de tempo (dt) para os regimes permanente e transiente. 4.4. Grava os dados da rede no banco de dados.
Curso(s) alternativo(s): 4.5. Sai do sistema e volta para o caso de uso fazer acesso permitindo a entrada de outro usuário. 4.6. O usuário pode abrir uma de suas redes já armazenadas.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 6 - Detalhamento do caso de uso Definir trecho

5. DEFINIR TRECHO: O usuário deve criar um trecho informando os dados técnicos necessários para viabilizar os cálculos do MDIR.
Curso normal: 5.1. Informar a origem do trecho, que é a Montante. 5.2. Informar o destino do trecho, que é a Jusante. 5.3. Informar a rugosidade do tubo que é dado em metro por metro. 5.4. Informar o comprimento do trecho em metros. 5.5. Informar o diâmetro do tubo em metros. 5.6. Criar o trecho.
Curso(s) alternativo(s): 5.7. Selecionar outro trecho já existente para alterar seus dados.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 7 - Detalhamento do caso de uso

6. DEFINIR RNF (Reservatório de Nível Fixo): O usuário deve criar um RNF informando os dados técnicos necessários para os cálculos do MDIR.
Curso normal: 6.1. Informar a cota em metros. 6.2. Informar a demanda em metros cúbicos por segundo. 6.3. Informar o nível em metros. 6.4. Criar o RNF.
Curso(s) alternativo(s): 6.5. Selecionar outro RNF já existente para alterar seus dados.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 8 - Detalhamento do caso de uso Definir nó

7. DEFINIR NÓ O usuário deve criar um Nó informando os dados técnicos necessários para os cálculos do MDIR.
Curso normal: 7.1. Informar a cota em metros. 7.2. Informar a demanda em metros cúbicos por segundo. 7.3. Criar o Nó. 7.4. Opcionalmente alterar a demanda do nó para o regime transiente.
Curso(s) alternativo(s): 7.5. Selecionar outro Nó já existente para alterar seus dados.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 9 - Detalhamento do caso de uso Salvar rede

8. SALVAR REDE O usuário deve criar um nome para a rede em seguida gravar todos os dados no banco de dados.
Curso normal: 8.1. Informar o nome para a rede. 8.2. Salvar no banco de dados.
Curso(s) alternativo(s): 8.3. Desistir de salvar a rede e abrir outra rede. 8.4. Desistir de salvar a rede e excluir a rede.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 10 - Detalhamento do caso de uso Abrir rede

9. ABRIR REDE O usuário deve escolher entre suas redes qual deseja abrir, selecionando pelo nome definido ao salvar.
Curso normal: 9.1. Escolher a rede para abrir. 9.2. Visualizar a rede já com todos os cálculos processados.
Curso(s) alternativo(s): 9.3. Fazer alterações na rede e salvar.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 11 - Detalhamento do caso de uso Excluir rede

10. EXCLUIR REDE O usuário deve excluir a rede após sua abertura. Todos os dados referente a rede são excluídos do banco de dados.
Curso normal: 10.1. Escolher a rede para abrir. 10.2. Excluir a rede apagando todos os dados do banco de dados.
Curso(s) alternativo(s): 10.3. Desistir de excluir a rede e criar uma nova. 10.4. Fazer alterações na rede e salvar.

Fonte: Acervo do autor (2013).

Quadro 12 - Detalhamento do caso de uso Ver gráficos

11. VER GRÁFICOS

O usuário tem a opção de escolher qual gráfico deseja ver, inclusive os dois, além de selecionar para qual elemento da rede deve ser traçado o gráfico.

Curso normal:

11.1. Escolher a rede para abrir.

11.2. Escolher o gráfico que deseja ver, regime permanente e ou regime transiente

11.3. Selecionar no(s) gráfico(s) para qual dos elementos da rede deve ser apresentado os dados.

Curso(s) alternativo(s):

11.4. Fechar o(s) gráfico(s).

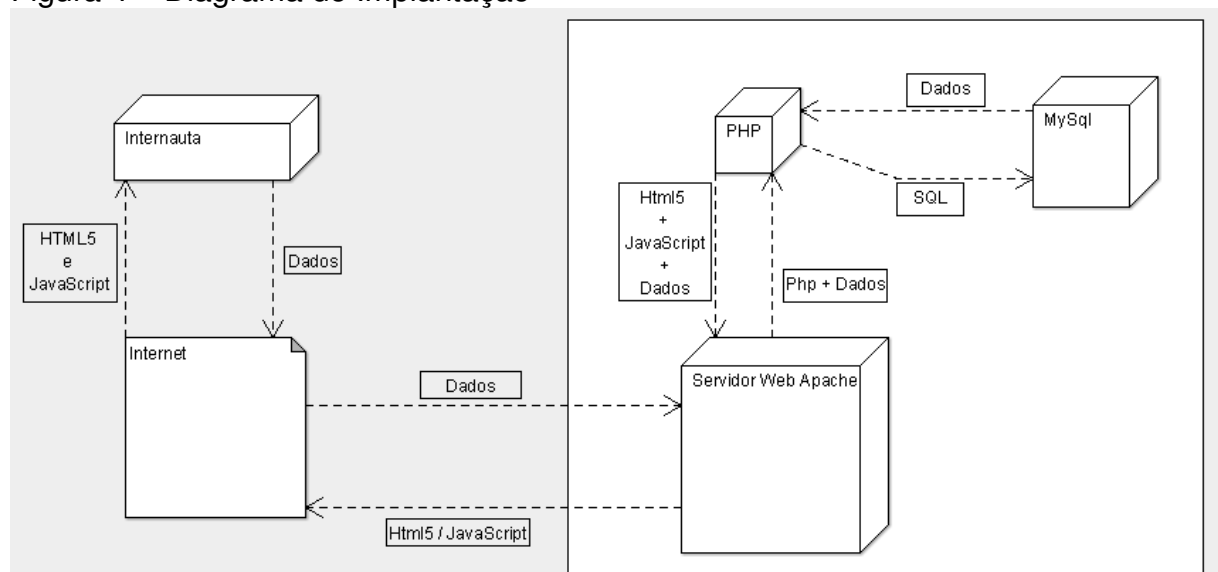
11.5. Fazer alterações na rede e salvar.

Fonte: Acervo do autor (2013).

4.3. Diagrama de Implantação

Como explica Melo (2010), o diagrama de implantação da UML mostra a estrutura nos quais os artefatos são implantados. Permite definir a arquitetura de execução de sistemas que representam a designação de artefatos de software. São tipicamente definidos de maneira aninhada e representam dispositivos de hardware ou ambientes de execução de software. Artefatos representam elementos concretos no mundo físico que são o resultado do processo de desenvolvimento. A Figura 4 apresenta o diagrama de implantação do MDIR.

Figura 4 – Diagrama de Implantação



Fonte: Acervo do autor (2013).

O usuário, ao interagir com as páginas do site, envia dados pela internet até chegar ao servidor web. Os dados com o código Php é repassado para o modulo Php que ao processar as instruções do código pode interagir com o software de banco de dados MySql. O Php envia código SQL para o MySql e recebe os dados que são agrupados com códigos Html5 e JavaScript e transmitidos para o servidor web que repassa ao usuário via internet.

Para implantação do MDIR, é importante selecionar um serviço de Hosting que ofereça as tecnologias compatíveis que são MySql, Php e Servidor Web Apache. No computador do usuário, os requisitos são acesso à internet mais o navegador web Chrome ou Mozilla Firefox. Internet Explorer, de fabricação da Microsoft, não deve ser usado porque não há compatibilidade com todos os recursos implementados no MDIR.

4.4. Páginas e informações do site

Ao fazer acesso ao site, pelo endereço <http://mdir.sqlweb.com.br>, é apresentado ao usuário uma tela de acesso para que possa se identificar fazer o cadastro. Outra opção é solicitar a senha caso não se lembre da senha informada no momento do cadastro. A página de acesso com essas opções é ilustrada na Figura 5.

Figura 5 – Página inicial do site

A imagem mostra a interface de uma página web no navegador. No topo, há uma barra de endereço com o URL 'mdir.sqlweb.com.br/mdir/'. Abaixo, o título principal da página é 'MDIR - MODELO DINÂMICO INERCIAL RÍGIDO'. Logo abaixo, uma barra de informações indica: 'Projeto de Mestrado PMPIT/UFTM: aluno: [Andre Luiz Souza](#), orientador: [Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo](#)'. O conteúdo principal é um formulário de login centralizado com o título 'ACESSO'. O formulário contém dois campos de entrada: 'Email' e 'Senha'. Abaixo dos campos, há um botão amarelo com o texto 'Entrar'. À direita do botão, há dois links azuis: 'Criar conta' e 'Enviar senha para o e-mail'.

Fonte: Acervo do autor (2013).

O usuário tem a opção de se identificar informando e-mail e senha nos respectivos campos e em seguida solicita o acesso com um clique no botão entrar. A página ainda apresenta um link denominado criar conta que o usuário deve clicar caso ainda não possua um cadastro. Outra opção é o link enviar senha para o e-mail que deve ser usada caso o usuário não tenha a sua senha.

Caso o usuário tenha feito opção pelo link Criar conta é apresentado a página para cadastro, ilustrada na Figura 6.

Figura 6 – Página para cadastro

MDIR - Modelo Dinâmico Inercial Rígido

Projeto de Mestrado PMPIT/UFTM: aluno: [Andre Luiz Souza](#), orientador: [Luiz Fernando Resende dos Santos Anjo](#)

CADASTRO

Nome

Email

Senha

Repetir Senha

[Cadastrar](#) [Enviar senha para o email](#) [Acesso](#)

Fonte: Acervo do autor (2013).

Nesta página, é solicitado apenas o nome do usuário, seu e-mail e a senha que deseja usar no momento de fazer o acesso ao site. Após inserir essas informações nos respectivos campos, inclusive repetindo a senha para validação, um clique no botão Cadastrar dispara o procedimento para gravar as informações no banco de dados na tabela usuários. Esta página ainda oferece o link Acesso como opção de voltar para a página inicial de validação do acesso. Também há opção do link Enviar senha para o e-mail para recuperar a senha já cadastrada.

Caso o usuário já cadastrado tenha feito a opção de receber a senha no seu e-mail, pelo link Enviar senha para o e-mail, é apresentada a página Senha ilustrada, na Figura 7, onde deve informar o e-mail e clicar no botão enviar senha.

Figura 7 – Página para recuperar senha

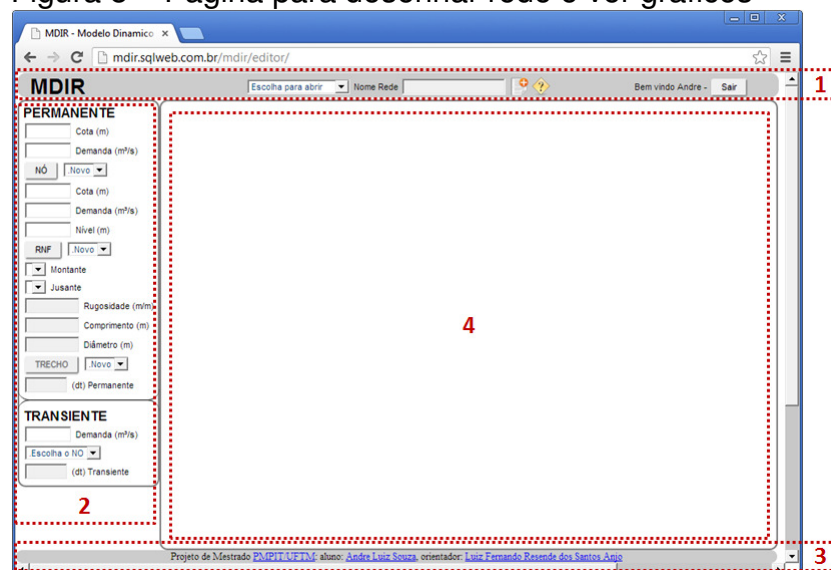


Fonte: Acervo do autor (2013).

O próximo passo é abrir a respectiva caixa de e-mail para ver a mensagem com a senha enviada automaticamente. Essa mensagem eventualmente pode cair no sistema anti-spam, portanto o usuário deve verificar essa possibilidade. A página ainda oferece a opção de voltar ao cadastro, Figura 6, pelo link Criar conta ou o link Acesso para ir para a página Acesso ilustrada, na Figura 5.

Após identificação do usuário, é direcionado para a página ilustrada pela Figura 8, onde poderá desenhar a rede e ver os gráficos.

Figura 8 – Página para desenhar rede e ver gráficos

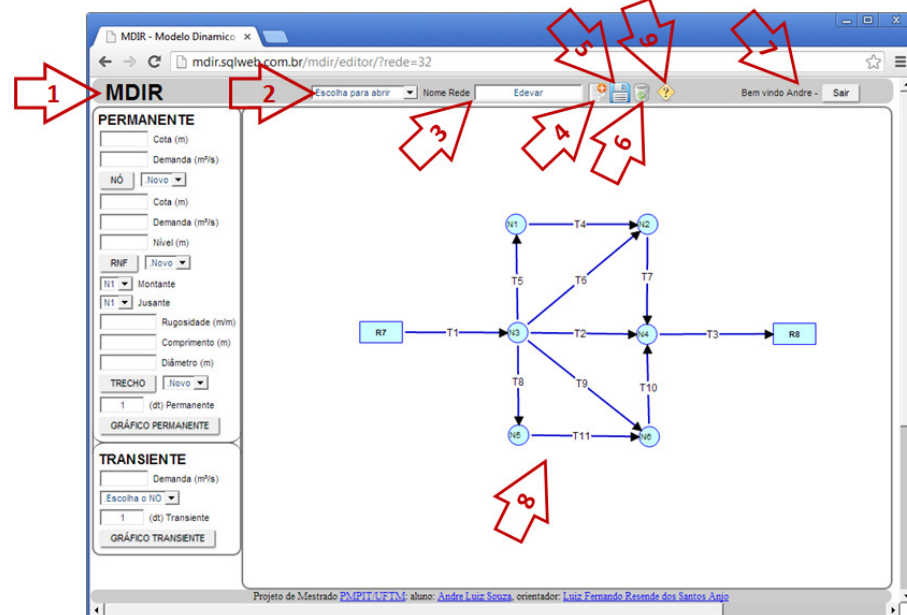


Fonte: Acervo do autor (2013).

A Figura 8 é a imagem da página web retirada da internet como exemplo, porém foram inseridas marcações pontilhadas em vermelho numeradas para facilitar a identificação das partes. Dividida em quatro partes, o número um mostra o cabeçalho no topo. Na lateral esquerda, identificado com o número dois, há dois blocos um para definição das informações do regime permanente e outro para o regime transiente. Com o número três está delimitado o rodapé que apresenta informações sobre autoria. Por último, identificado com o número quatro, é o local onde será desenhada a rede além de apresentados os gráficos.

A Figura 9 é a imagem da página com uma rede aberta pelo usuário. Foram inseridas setas vermelhas numeradas para facilitar a identificação de seus elementos.

Figura 9 – Página com exemplo de uma rede



Fonte: Acervo do autor (2013).

No topo da página, no cabeçalho identificado com a seta número 1, tem o nome do site MDIR. A seta número dois mostra o campo onde o usuário pode clicar para ver uma lista com suas redes e selecionar qualquer uma para que seja carregada para a página. A seta número três mostra o nome da rede que está aberta, no exemplo da Figura 9, Edevar.

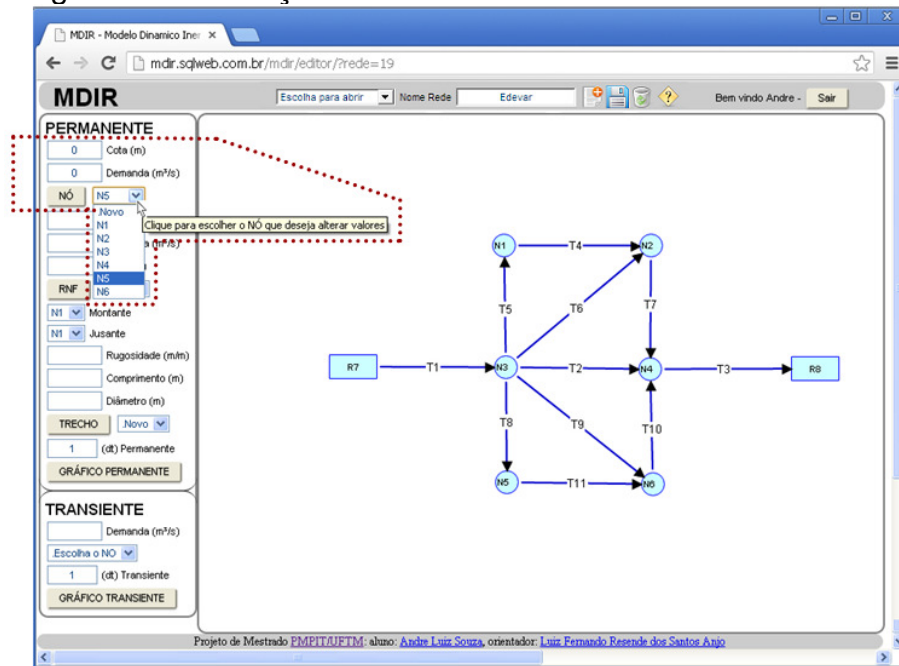
A seta número quatro mostra uma figura que funciona como um botão que ao ser clicado leva o usuário para uma página em branco onde pode ser criada uma nova rede. A seta número cinco indica o local onde o usuário deve clicar sempre que desejar salvar as definições feitas na rede em questão. Para Exclusão da rede deve ser usado o botão indicado pela seta número seis que dispara um processo que elimina as informações no banco de dados.

Para identificar qual usuário está autenticado pelo sistema, é apresentado seu primeiro nome no local indicado pela seta número sete. Na sequência o botão Sair oferece a opção de encerrar a sessão e fechar o sistema levando o usuário de volta para a página inicial. A seta número oito mostra o desenho da rede Edevar que é composta de dezenove objetos, oito nós, dois reservatórios de nível fixo (RNF) e onze trechos. Todos os objetos possuem rótulos iniciados com uma letra de acordo com o tipo e são numerados sequencialmente. Os nós iniciam com a letra N, os reservatórios de nível fixo com a letra R e os trechos com a letra T.

A seta número nove indica o ícone ajuda onde o usuário deve clicar para ter acesso a uma demonstração dos recursos disponíveis na página. Trata-se de uma demonstração da construção de uma rede simples que ilustra a criação dos nós, trechos e definição das configurações. Após definição de todos os elementos da rede a demonstração termina com a apresentação dos gráficos.

A Figura 10 mostra dentro da área pontilhada em vermelho o local com quatro campos onde o usuário tem todas as ferramentas para inserir, alterar e definir quais as configurações de cada nó da rede em questão.

Figura 10 – Definição dos Nós da rede



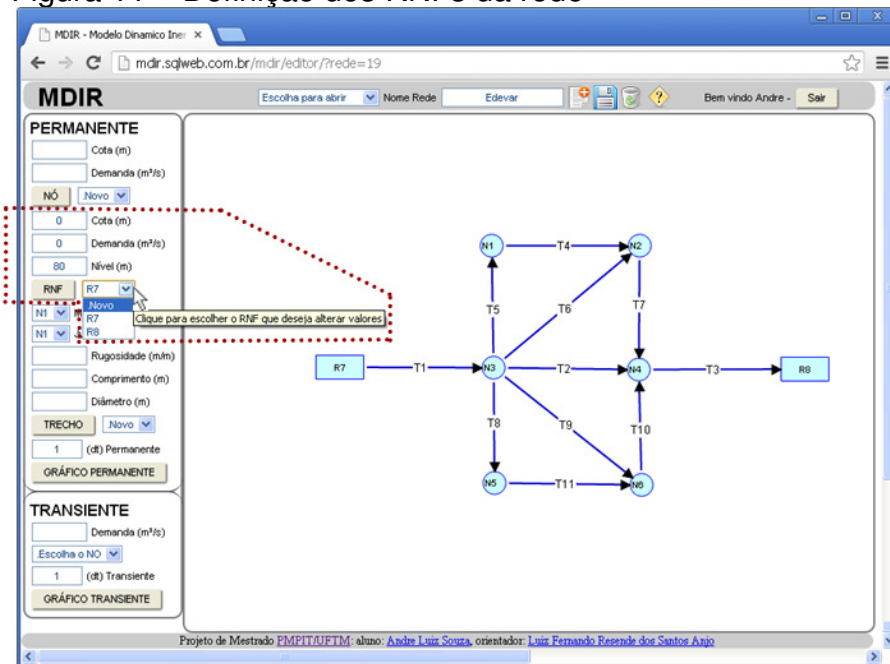
Fonte: Acervo do autor (2013).

O primeiro campo é o local onde deve ser definido o valor em metros da cota do nó. No segundo campo, deve ser especificada qual a demanda em metros cúbicos por segundo. Ao clicar no botão rotulado de NÓ, é inserido o nó na rede com rótulo composto da letra N mais o próximo número da seqüência.

O nó é representado com um círculo e pode ser movimentado na tela bastando para isso que o usuário clique e arraste para o local desejado. O quarto campo pode ser usado em caso de necessidade de alteração dos valores de cota e ou demanda do nó. Ao clicar, é apresentada uma lista de todos os nós da rede e basta digitar os novos valores após seleção do nó desejado. No exemplo ilustrado na Figura 10, a lista mostra os seis nós existentes na rede até o momento além da opção Novo que deve ficar selecionado sempre quando o objetivo for inserir um novo nó.

A Figura 11 ilustra dentro da linha pontilhada em vermelho o local com cinco campos para definição dos reservatórios de nível fixo (RNF) da rede.

Figura 11 – Definição dos RNFs da rede



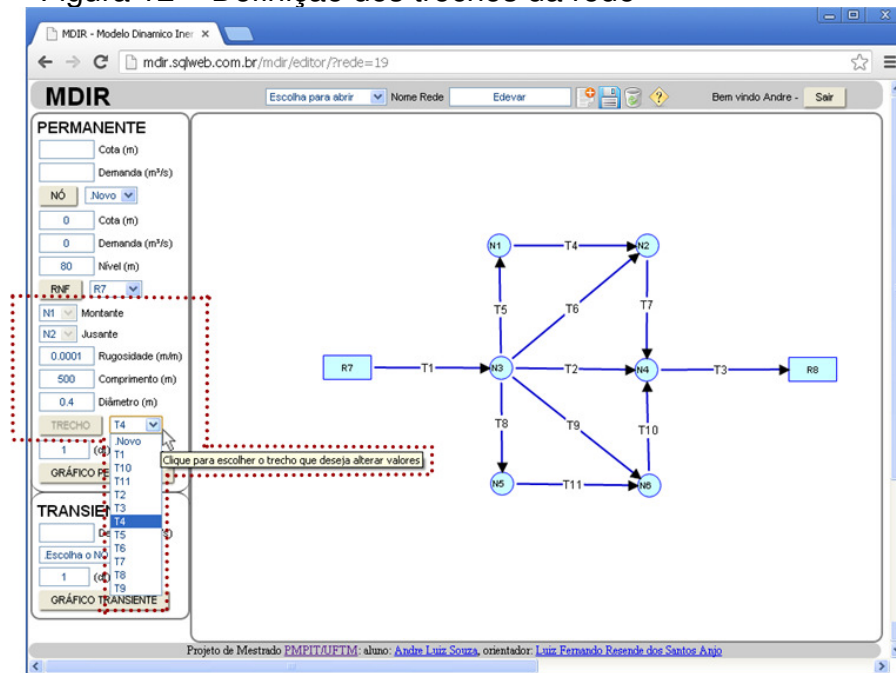
Fonte: Acervo do autor (2013).

O primeiro campo é o local onde deve ser definido o valor em metros da cota do RNF. No segundo campo, deve ser especificada qual a demanda em metros cúbicos por segundo. O terceiro campo é usado para informar o nível em metros do RNF.

O quarto campo é o botão RNF que ao receber um click dispara o processo que insere na rede um RNF com os valores definidos. O RNF, que é representado por retângulo, pode ser movimentado na tela usando-se do recurso de clicar e arrastar do mouse. O quinto campo é uma lista contendo o nome de todos os RNFs para que os valores de cota, demanda e nível possam ser alterados para o RNF selecionado. Na lista, também aparece a opção Novo que deve estar selecionada quando o objetivo é inserir um novo RNF.

A Figura 12 mostra dentro da área pontilhada em vermelho o local onde são criados os trechos da rede.

Figura 12 – Definição dos trechos da rede



Fonte: Acervo do autor (2013).

São sete campos onde são detalhadas as informações técnicas de cada trecho inserido na rede. Os dois primeiros campos, montante e jusante, apresentam uma lista com o nome de todos os RNFs e Nós da rede. Nestes campos, deve-se selecionar qual é a montante (origem) e jusante (destino) do trecho a ser inserido na rede.

No campo seguinte, é o local para definição da rugosidade do tubo usado no trecho, a unidade é metro por metro. O quarto campo é usado para definição do comprimento do tubo e o valor em metros do comprimento. No quinto campo, especifica-se o diâmetro em metros do tubo usado no trecho. O sexto campo é um botão rotulado de TRECHO e deve ser clicado para a inserção de um trecho com as características definidas nos campos anteriores.

O sétimo campo é uma lista que apresenta uma relação com todos os trechos da rede. Ao selecionar um trecho da lista, é possível alterar rugosidade, comprimento e diâmetro. Quando está selecionado um trecho para alteração do valor de alguma das suas configurações, o campo montante, jusante e o botão TRECHO são bloqueados porque não podem ser alterados. A figura ilustra essa situação uma vez que o trecho T4 está selecionado.

A Figura 13 apresenta o exemplo de como é apresentado o gráfico para o regime permanente da rede.

Figura 13 – Gráfico da estimativa inicial do regime permanente



Fonte: Acervo do autor (2013).

Foram colocadas marcações em vermelho na figura para facilitar a identificação de elementos. O retângulo pontilhado em vermelho mostra o local onde o usuário definiu qual será o incremento de tempo (dt) do regime permanente. Com um clique no botão GRÁFICO PERMANENTE é apresentado o gráfico para o regime permanente.

No gráfico, o eixo X indica o tempo em segundos que estará em múltiplos do valor de dt. No eixo Y, é apresentado o valor da carga hidráulica em metros quando o gráfico for referente a um dos nós da rede. Se o gráfico é para um dos trechos da rede então, o eixo Y terá o valor da vazão em metros cúbicos por segundo.

A seta vermelha número um indica o local onde o usuário pode clicar para selecionar qual trecho ou nó deve ser considerado na construção do gráfico. Esse é um procedimento simples e rápido porque no momento que a rede foi carregada todos os cálculos já foram processados e os dados já estão disponíveis no

navegador web. Quando o usuário escolhe outro trecho ou nó o gráfico muda com base nas informações já disponíveis e codificadas em JavaScript.

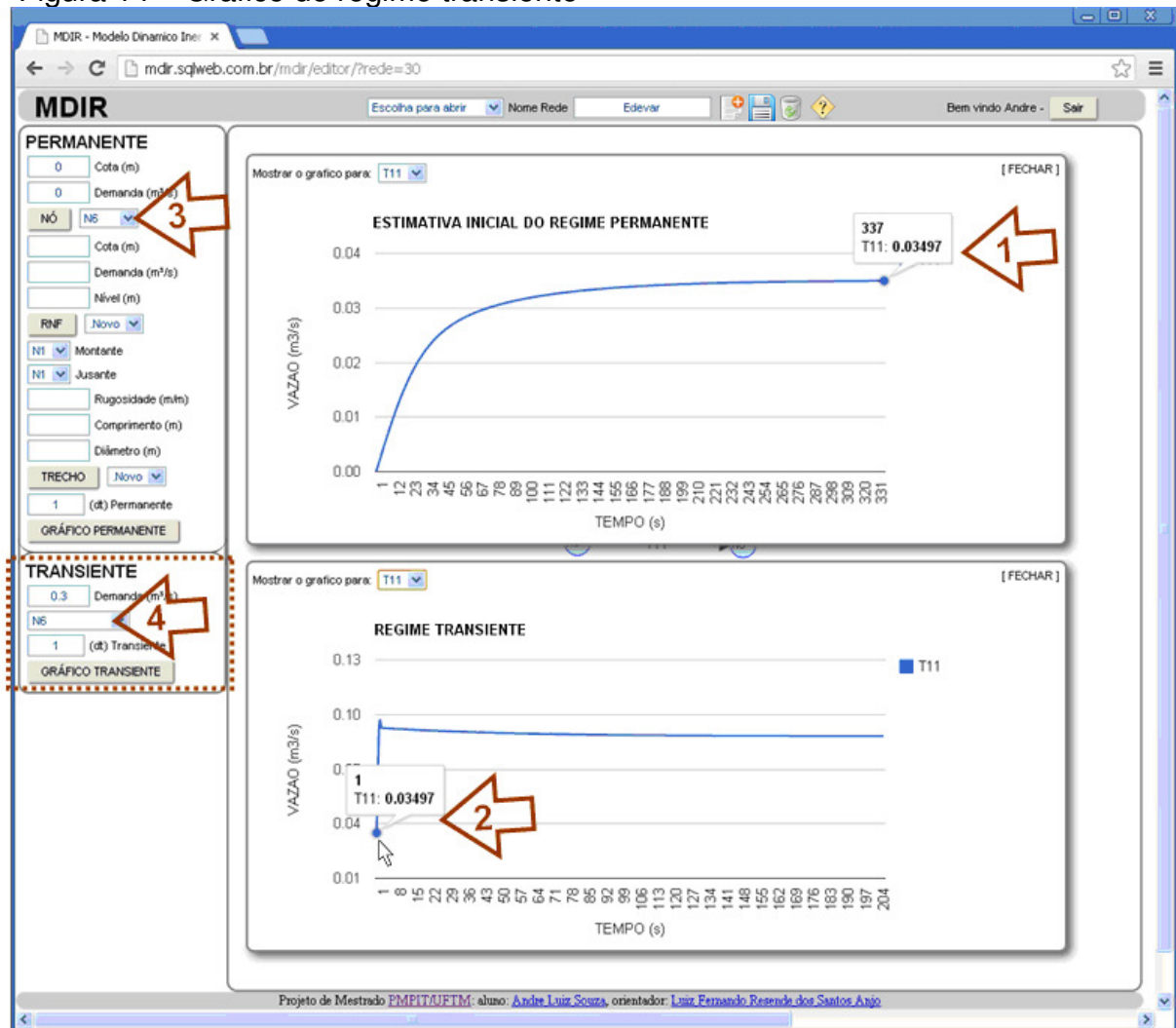
A seta vermelha número dois mostra que é possível o usuário verificar os valores do gráfico simplesmente passando o mouse em cima da linha do gráfico. É apresentado em um balão o valor correspondente no eixo X em relação à posição do mouse, que, no exemplo da Figura 13 é 159, em seguida o nome do trecho ou nó com o valor correspondente no eixo Y.

A seta vermelha número três mostra o local onde está o link FECHAR que o usuário deve usar para retirar da tela o retângulo do gráfico do regime permanente. Esse procedimento apenas oculta o gráfico e nenhuma informação é apagada ou recalculada. Um novo click do mouse no botão GRÁFICO PERMANENTE fará com que o gráfico apareça novamente.

O sistema faz o processamento e todos os cálculos da rede para os regimes permanente e transiente. Para que possa ser observado o regime transiente, o usuário deverá alterar a demanda de, no mínimo, um dos nós.

A Figura 14 apresenta um exemplo para o trecho T11 que atingiu a convergência, no regime permanente, em 337 segundos com uma vazão de 0,03497 metros cúbicos por segundo.

Figura 14 – Gráfico do regime transiente



Fonte: Acervo do autor (2013).

O retângulo pontilhado em vermelho mostra a área da página onde são definidas as informações para o cálculo do regime transiente. Para o regime transiente, é necessário informar o incremento temporal (dt), que preferencialmente deveria ser o mesmo valor informado para o regime permanente, e a alteração do valor da demanda de no mínimo um dos nós da rede.

A seta vermelha número três da Figura 14 mostra o local onde é possível selecionar o nó para consultar ou alterar suas informações do regime permanente. A cada nó inserido na rede ele também é colocado no campo indicado pela seta vermelha de número 4. Neste campo é que deve ser selecionado qual nó terá demanda alterada para o regime transiente.

Um clique no botão “GRÁFICO TRANSIENTE” faz com que o gráfico transiente seja apresentado na tela. Com os gráficos na tela, permanente e transiente, é possível comparar o comportamento da rede nos dois regimes.

A seta vermelha número um mostra o momento da convergência no gráfico permanente cujo valor corresponde exatamente ao primeiro momento no gráfico transiente, como mostra a seta vermelha número dois. Nos cálculos já processados neste momento, o gráfico transiente apresenta o comportamento também em todos os trechos e nós, demonstrando o comportamento até uma nova convergência.

A seta vermelha de número três mostra que para o regime permanente o nó N6 foi criado com demanda zero, e a seta vermelha de número quatro indica que para o regime transiente o mesmo nó teve uma demanda definida de 0,3 metros cúbicos por segundo. O gráfico permanente mostra o comportamento nos trechos e nós da rede até que a convergência seja atingida. A partir da convergência da rede no regime permanente, inicia-se o gráfico para o regime transiente considerando as alterações de demandas.

Todos os cálculos para obtenção dos gráficos nos regimes permanente e transiente são processados quando a rede é aberta, o que pode ocorrer logo após o procedimento de gravação no botão salvar. Os gráficos ficam ocultos na página até que o usuário clique nos respectivos botões.

Para exibição de gráficos, é utilizada a API Line Chart do Google Chart Tools. Esta API oferece uma série de facilidades entre elas o dimensionamento automático na escala de valores nos eixos X e Y, apresentação de balão com valores quando o mouse é posicionado como ilustrado na Figura 14.

Um grande esforço foi necessário para testar e avaliar as tecnologias disponíveis para desenvolvimento do software. Dezenas de bibliotecas JavaScript foram testadas e avaliadas na busca de uma solução para viabilizar o desenho da rede com os seus elementos. A escolha do Google Chart Tools, para apresentação dos resultados, se deu após muitas simulações e testes com dezenas de outras soluções similares disponíveis na internet.

5. CONCLUSÃO

A internet se mostrou um ambiente favorável e adequado para atender aos objetivos propostos neste trabalho. As tecnologias selecionadas demonstraram ter robustez para suportar a carga de cálculos e dados gerados nos testes e simulações com os mais diversos tipos de redes.

O site ficou simples e de fácil utilização principalmente porque segue os padrões de outros sistemas disponíveis na internet. Certamente engenheiros, alunos, técnicos e outras pessoas interessadas no tema não terão dificuldades na utilização e simulação de suas redes.

O sistema MDIR não apresentou nenhum tipo de instabilidade, porém por se tratar de um site ainda desconhecido não é possível prever quando e com quantos usuários simultâneos será necessário rever a estrutura de hardware para suportar novas demandas. Este não é um problema que preocupa porque é de fácil gerenciamento, uma vez que é usado o serviço de hospedagem terceirizado e os custos são baixos. Se o número de usuário aumentar a ponto de comprometer o custo mensal do serviço, há a possibilidade de gerar receita com publicidade.

O fato de o MDIR levar em consideração o efeito da inércia em sua estrutura de cálculo, as simulações que foram realizadas nas diversas topologias analisadas mostraram-se mais fisicamente adequadas na aplicação de sistemas de abastecimento de água.

Sugere-se que em uma próxima etapa outras questões que surgem relativas à possibilidade de um equacionamento dinâmico de alguns elementos permitindo, por exemplo, a análise dinâmica do comportamento de uma bomba com mudança de rotação ou o efeito dinâmico de uma válvula de controle.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Leandro; CARVALHO, Jacinto de A.. **Análise da equação de Swamee-Jain para cálculo do fator de atrito**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2001, vol.5, n.3, pp. 554-557. ISSN 1807-1929.

ANJO, Luiz Fernando Resende dos Santos. **Modelo Hidráulico Para Transitórios Lentos Em Conduto Forçado**. Campinas: UNICAMP, 2008. 154 p. Tese (Doutorado), Faculdade De Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BAX, Marcello Peixoto. **Introdução às linguagens de marcas**. *Ci. Inf.* [online]. 2001, vol.30, n.1, pp. 32-38. ISSN 0100-1965.

BRITTO, Jorge; STALLIVIERI, Fabio. **Inovação, cooperação e aprendizado no setor de software no Brasil: análise exploratória baseada no conceito de Arranjos Produtivos Locais (APLs)**. *Econ. soc.* [online]. 2010, vol.19, n.2, pp. 315-358. ISSN 0104-0618.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier: Campus, 2004. 674 p. ISBN 8535212736.

BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar; RUMBAUGH, James. **UML Guia do Usuário**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 474 p. ISBN 9788535217841.

DUBOIS, Paul. **MySQL Cookbook**. O'Reilly Media, Inc., 2012. 980 p. ISBN 9781449338848.

DURMAN, David. **Joint JavaScript Diagramming Library**. Disponível em: <<http://www.jointjs.com>>. Acesso em 05 fev. 2013.

ESTROZI, Leandro Farias; BATISTA NETO, João Do E. S.; BRUNO, Odemir Martinez. **Programando para a internet com PHP**. Rio de Janeiro (RJ): Brasport, 2010. 332 p. ISBN 9788574524412.

FIALHO, Neusa Nogueira; MATOS, Elizete Lucia Moreira. **A arte de envolver o aluno na aprendizagem de ciências utilizando softwares educacionais**. *Educ. rev.* [online]. 2010, n.spe2, pp. 121-136. ISSN 0104-4060.

FLANAGAN, David. **JavaScript O Guia Definitivo**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 818 p. ISBN 9788565837194.

FOWLER, Martin. **UML Essencial: Um Breve Guia para Linguagem Padrão**. Porto Alegre: Bookman, 2005. 160 p. ISBN 9788536304540.

GOOGLE DEVELOPERS. **Google Chart Tools**. Google, 2013. Disponível em: <<https://developers.google.com/chart/interactive/docs>> Acesso em: 08 fev. 2013.

GUARNIERI, Salvatore; LIVSHITS, Benjamin. Gatekeeper: Mostly static enforcement of security and reliability policies for JavaScript code. In: **USENIX Security Symposium**. 2009. p. 151-168.

HUGHES, Sterling; ZMIEVSKI, Andrei. **PHP Developer's Cookbook**. Sams Publishing, 2001. 480 p. ISBN 9780672323256.

IBGE. **Séries estatísticas & séries históricas**. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=IU46&t=acesso-internet>>. Acesso em: 08 jan. 2013.

KOELLE, E. **A general treatment for steady, transient and oscillatory analysis and control**, “Água en la comunidad Valenciana”, editado por: Cabrera, E., Sahuquillo, Valência, Espanha, 1989, 345-376 p.

LARMAN, Craig. **Utilizando UML e Padrões**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 695 p. ISBN 9788560031528.

LOBO, Edson Junio Rodrigues. **Curso Prático de MySQL**. São Paulo: Digerati Books, 2008. 128 p. ISBN 9788560480982.

LUBBERS, Peter; SALIM, Frank; ALBERS, Brian. **Pro HTML5 Programming**. New York: Apress, 2011. 352 p. ISBN 9781430238645.

LUVIZOTTO JR., E. **Controle operacional de redes de abastecimento de água auxiliado por computador**, Tese de doutorado, EPUSP, São Paulo, Brasil, 1995, 143 p.

MELO, Ana Cristina. **Desenvolvendo Aplicações com UML 2.2**. Rio de Janeiro: Brasport, 2010. 340 p. ISBN 9788574524443.

RAMOS, Ricardo Argenton. **Treinamento Prático em UML**. São Paulo: Digerati Books, 2006. 144 p. ISBN 9788577020515.

ROSSMAN, Lewis A.. **Epanet 2.0 Brasil: manual do usuário**. Edição. Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da UFPB: 2009. 197 p. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/epanet/manual_do_epanet_brasil.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2013.

SACCOL, Amarolinda Zanela et al. **Avaliação do impacto dos sistemas ERP sobre variáveis estratégicas de grandes empresas no Brasil**. *Rev. adm. contemp.* [online]. 2004, vol.8, n.1, pp. 9-34. ISSN 1982-7849.

SOARES, Alexandre Kepler; CHEUNG, Peter Batista; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro; SANDIM, Marilúcia Pereira. **Avaliação das perdas físicas de um setor da rede de abastecimento de Água de Campo Grande-MS via modelo inverso**. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2004, vol.9, n.4, pp. 312-321. ISSN 1413-4152.

SOUZA, Ivam H.; ANDRADE, Eunice M.; SILVA, Elio L. **Avaliação hidráulica de um sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software "bubbler"**. *Eng. Agríc.*, Abr 2005, vol.25, no.1, p.264-271. ISSN 0100-6916.

STREETER, V. L., WYLIE E. B., **Mecanica de Los Fluidos**, Madrid, Espana, quarta edicion, Talleres Gráficos de Ediciones Castilla, 1968, 747 p.

TOP10BESTWEBSITEHOSTING.COM. **The Top 10 Web Hosting Companies of 2013**. Disponível em: <<http://www.top10bestwebsitehosting.com>>. Acesso em 15 fev. 2013.

YUE, Chuan; WANG, Haining. **Characterizing Insecure JavaScript Practices on the Web**. Madrid., 2009. International World Wide Web Conference, p. 961 - 968.