

## IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA PARA MODELAGEM DA IONOSFERA EM TEMPO REAL

Gean Michel Ceretta<sup>1</sup>, Hudson dos Santos Lapa<sup>1</sup>, Claudinei Rodrigues de Aguiar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Computação/UTFPR – Câmpus Pato Branco, Pato Branco, Brasil; <sup>2</sup>Departamento de Agrimensura, UTFPR Campus Pato Branco, Brasil; e-mail: geanceretta@gmail.com

**Resumo** - Este artigo apresenta os conceitos utilizados para a montagem da infraestrutura utilizada pelo aplicativo GI para o processamento de dados da ionosfera, bem como as ferramentas utilizadas na execução do Projeto Universal/CNPq (Processo n. 483954/2011), como programação distribuída e controle de versão utilizando e a ferramenta livre GIT, e gerenciamento on-line de projetos, também são discutidos alguns planos para as próximas etapas do projeto.

**Palavras-Chave:** Grade Ionosférica; Infraestrutura para processamento de dados; programação distribuída; controle de versão; gerenciamento de projetos.

**Abstract**- This article introduces the concepts used to assemble the infrastructure used by the GI application for processing data of the ionosphere, as well as the tools used in the execution of the Projeto Universal / CNPq (Process no. 483954/2011), as distributed programming and control version using the open source tool GIT and online project management, are also discussed some plans for the next steps of the project.

**Keyword:** Ionospheric Grid; Infrastructure for data processing; distributed programming; version control; project management.

### 1. INTRODUÇÃO

Desenvolvido pelo professor Claudinei Rodrigues de Aguiar, com o objetivo de monitorar a ionosfera e corrigir erros de sinais de satélites das redes GNSS (Global Navigation Satellite Systems), o aplicativo GI (Grade Ionosférica) é capaz de gerar informações sobre a quantidade de elétrons à que determinada região da ionosfera está submetida, podendo determinar o atraso sofrido pelos sinais que atravessam a região, gerar mapas tanto da densidade de elétrons quanto da sua taxa de variação (AGUIAR, 2010).

A partir dos dados da quantidade de elétrons é possível gerar correções aos sinais, o que aumenta a precisão das medidas e posicionamentos gerados utilizando GNSS.

O principal fator que leva à um carregamento de elétrons na ionosfera é a incidência de raios solares. Por este motivo, regiões que se encontram

próximas à linha do equador, onde os raios solares incidem mais perpendiculares à camada ionosférica, possuem maior carga de elétrons.

Pelo fato do Brasil ser um país localizado na região equatorial e ainda estar sob o efeito da Anomalia Equatorial, faz com que os sinais GNSS sofram ainda mais com erros sistemáticos.

Por estes e outros motivos, faz-se necessária a correção dos efeitos da ionosfera sobre os sinais GNSS, propósito ao qual se propõe o aplicativo GI.

Para que a correção seja feita e disponibilizada, o GI precisa permanecer em execução ininterruptamente, já que as correções são em tempo real. Este artigo aborda a infraestrutura utilizada para viabilizar o processamento dos dados pelo GI, bem como algumas otimizações realizadas para um melhor andamento do projeto como um todo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os recursos financeiros para este projeto são advindos do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) (AGUIAR, 2011).

### 2.1 Servidor

Servidor é um computador destinado a prover um serviço e geralmente não oferecem acesso físico aos usuários. Por estes motivos, não necessitam de teclado, mouse ou tela, já que toda a administração e manutenção pode ser feita remotamente depois que estes serviços estão configurados e o servidor conectado a rede.

Dentre os objetivos do projeto está a portabilidade do aplicativo GI da linguagem Fortran, na qual foi desenvolvido, para a linguagem C/C++. Isto será feito já em ambiente GNU/Linux, que será o ambiente nativo do GI, que deverá ser um programa livre.

O fato do GI estar atualmente codificado em Fortran, para rodar sobre o sistema operacional Microsoft Windows, implica na necessidade do servidor rodar este sistema até que a portabilidade acima citada seja concluída.

O servidor necessita também, por questões de segurança e disponibilidade, de fornecimento de energia em tempo integral, esta energia precisa ser garantida mesmo que a energia proveniente da rede elétrica fique temporariamente indisponível. A temperatura do servidor precisa ser monitorada visando evitar superaquecimento, o que geraria mau funcionamento do equipamento.

Um servidor que se propõe às necessidades deste projeto necessita de acesso de alta velocidade à internet e à rede local.

A UTFPR Campus Pato Branco possui um Centro de Processamento de Dados (CPD) equipado com as características adequadas para hospedar servidores, com baterias para suprir uma eventual queda de energia da rede elétrica, ambiente climatizado e rede de alta velocidade para acesso à internet e à rede interna da UTFPR. Estes motivos levaram à decisão de instalar o servidor deste projeto no CPD.

### 2.2 Computador de Mesa

Adquirido para que os integrantes do projeto tenham acesso ao servidor para fins de configuração e monitoramento. Servirá também para programação do aplicativo GI e demais ferramentas auxiliares que se fizerem necessárias, testes, atualizações de código fonte e ferramenta de pesquisa através do acesso à internet.

Instalado na Sala de Projetos do Departamento de Agrimensura da UTFPR Campus Pato Branco,

localizado no Bloco L. Conta com um equipamento no-break, cuja função é suprir o computador com energia por em média 3 horas caso o fornecimento da rede elétrica seja interrompido.

### 2.3 Controle de Versão e Programação Distribuída

Visando tornar o projeto mais dinâmico, está sendo implantado no servidor a ferramenta livre Git (GIT, 2013), capaz de oferecer controle de versão aos arquivos do projeto, principalmente ao código fonte. Tal ferramenta permite que cada membro do projeto trabalhe no código fonte do GI e suas ferramentas de qualquer lugar em que esteja, podendo submeter as modificações aos demais membros, caso possua um computador com acesso à internet e a ferramenta Git instalada, ou mesmo através de um navegador de internet. Ao utilizar esta ferramenta sincronizada com o servidor, todos os membros possuirão uma cópia integral dos arquivos do projeto, o que garante segurança de que se os dados forem perdidos em um dos computadores dos membros, ou mesmo do servidor, os arquivos continuarão intactos em outra máquina conectada à ferramenta. Tal ferramenta encontra-se em processo de implantação, pois o protocolo de comunicação entre o servidor e os clientes que pretende ser utilizado, o SSH (Secure SHell), não faz parte do sistema operacional presente no servidor, de modo que uma ferramenta adicional será instalada e configurada para fornecer suporte a este protocolo.

### 2.4 Aquisição dos Dados da RBMC

O aplicativo GI, para a modelagem da ionosfera, utiliza-se de dados coletados pelos receptores GNSS instalados nas estações de referência que compõem a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), criada e mantida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (RBMC, 2013). Os dados coletados nestas estações consistem nas medidas de pseudodistância e de fase da onda portadora, observadas em duas ou mais frequências.

Devido a natureza dispersiva da ionosfera, a partir de medidas realizadas com sinais transmitidos em frequências diferentes, é possível determinar o efeito desta camada da atmosfera sobre estes sinais. Com isto, o aplicativo GI aplica a combinação linear livre da geometria usando as observáveis GNSS e então estima o atraso ionosférico sofrido pelo sinal.

Os dados da RBMC são transmitidos via protocolo NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protocol), desenvolvido pela agência alemã BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) (BKG, 2013), no padrão RINEX (Receiver Independent Exchange Format). Para receber automaticamente os dados através deste protocolo, está sendo

utilizada a ferramenta livre BKG NTRIP Client (BNC), desenvolvida pela mesma agência alemã criadora do protocolo. O aplicativo BNC, uma vez configurado, trabalha de forma autônoma e ininterrupta, alimentando o aplicativo GI.

## **2.5 Aquisição das Efemérides Ultra-rápidas**

Além dos dados da rede RBMC, o aplicativo GI utiliza dados dos relógios e órbitas dos satélites, produzidos pelo IGS (International GNSS Service) e disponibilizados por diversos centros, tal como a NASA (National Aeronautics and Space Administration), através de seu endereço FTP (File Transfer Protocol). As efemérides ultra-rápidas são disponibilizadas regularmente através de arquivos compactados, às 3h, 9h, 15h e 21h de cada dia. O aplicativo GI necessita que, ao final de um arquivo efemérides, o arquivo do próximo intervalo de tempo já esteja no diretório onde o GI está sendo executado. Para que isto ocorra, não havendo ferramenta disponível para automatizar o procedimento, foi desenvolvido um aplicativo capaz de fazer as conversões de tempo necessárias, buscar os arquivos das efemérides no endereço, descompactá-los e renomeá-los para uso.

## **2.6 Geração de Mapas de TEC (Total Electron Contents) e ROT (Rate of Change of TEC)**

Atualmente o aplicativo GI gera mapas de TEC para representar as regiões da ionosfera onde a carga de elétrons é mais elevada e conseqüentemente, nestas regiões, os sinais GNSS estão suscetíveis a maiores erros. Tais mapas são úteis para monitorar, por exemplo, a radiação de explosões solares quando estas alcançam a região monitorada, pois há um aumento da carga de elétrons. Também são gerados mapas ROT, que indicam a taxa de variação de TEC sobre o território analisado.

## **2.7 Ferramenta para Gerenciamento de Projetos On-line**

Para este projeto, observou-se a necessidade de uma ferramenta de gerenciamento de projetos para que se pudesse delegar tarefas à equipe envolvida, bem como acompanhar o andamento do projeto como um todo, ter estatísticas e gráficos para facilitar a análise. Também seria importante que esta ferramenta pudesse ser acessada via internet, sem a necessidade da instalação de aplicativos locais.

Para esta finalidade, vem-se utilizando a ferramenta on-line, gratuita e livre Clocking IT (CLOCKING, 2013). Esta tem se mostrado bastante útil para manter o bom andamento das atividades, acompanhamento e dimensionamento dos prazos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Em se tratando da implantação da infraestrutura física necessária, as etapas estão concluídas. A execução ininterrupta do aplicativo GI está em fase de testes, e assim que esta etapa estiver concluída, inicia-se o armazenamento das informações processadas, as quais serão disponibilizadas no padrão IONEX (IONosphere Map EXchange format) (SHAER et al., 1998) em uma página web ou endereço FTP.

Algumas funções do aplicativo GI possuem alta complexidade matemática e necessidade de várias casas de precisão para valores decimais. Este foi um dos principais motivos de inicialmente ter-se utilizado a linguagem Fortran para codificação, já que a mesma possui inúmeras bibliotecas para funções matemáticas. Para variáveis com várias casas decimais, a linguagem C talvez não possua tanta precisão, isto pode tornar a codificação um tanto quanto trabalhosa.

Uma opção para contornar este possível problema seria a utilização de partes do código original em Fortran, integrado com o código da linguagem C, como bibliotecas, por exemplo. Algumas ferramentas auxiliares do aplicativo GI já estão sendo codificadas deste modo.

Os mapas de TEC gerados pelo aplicativo GI, útil para que se tenha uma visão geral da densidade de elétrons da ionosfera sobre a região analisada, não são uma boa opção para armazenamento em longo prazo, e disponibilização dos dados aos usuários. Os mapas, por serem gerados em formato de imagem GIF (Graphics Interchange Format), ocupam bastante espaço para armazenamento, além de não servirem para cálculo do erro e correção para os usuários do GNSS. Logo, algumas alternativas de geração de dados para armazenamento e disponibilização foram consideradas. Optou-se pelo padrão IONEX para armazenar e disponibilizar estas informações, já que este padrão foi desenvolvido justamente para armazenar dados para posterior geração de mapas, suportando inclusive armazenar dados para geração de mapas em três dimensões. Tendo em mente a futura codificação do GI para a linguagem C, bem como sua portabilidade para ambiente GNU/Linux, todas as novas ferramentas desenvolvidas e utilizadas neste projeto serão livres, bem como suportam os ambientes Unix/Linux, desta maneira, a portabilidade ocorre de modo natural.

## **4. CONCLUSÃO**

Ao final deste projeto, os dados gerados pelo aplicativo GI servirão para estudos e monitoramentos da ionosfera, bem como correção de erros de sinais GNSS. Assim sendo, servirá tanto para a comunidade científica, quanto para o público em geral, já que os sistemas de localização por

satélite estão bastante disseminados na sociedade. Praticamente todos os telefones celulares comercializados hoje possuem tecnologias como o GPS (Global Positioning System), por exemplo.

O aplicativo será disponibilizado sobre uma licença livre, o que garantirá que interessados no mundo todo possam estar aprimorando-o, corrigindo falhas e desenvolvendo novas funcionalidades ou variações.

Os arquivos IONEX gerados e armazenados possibilitarão estudos de longo prazo da ionosfera.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Processo n. 483954/2011), pelo auxílio destinado ao desenvolvimento do projeto.

#### **REFERÊNCIAS**

AGUIAR, C. R. **Grade Ionosferica para Aplicações em Posicionamento e Navegação com GNSS**. 2010. 256 f. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual de São Paulo, Presidente Prudente, 2010.

AGUIAR, C. R., **Monitoramento da Ionosfera em Quase Tempo Real a Partir de Redes GNSS NTRIP**. Projeto CNPq – Edital Universal 014/20122, Processo n. 483954/2011, 2011.

GIT. **Página oficial do projeto GIT** (em inglês). Disponível em: <http://git-scm.com/>. Acesso em: 17 ago. 2013.

RBMC. **Página oficial do projeto RBMC**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>. Acesso em: 17 ago. 2013.

BKG. **Página oficial da agência BKG** (em alemão). Disponível em: <http://bkg.bund.de/>. Acesso em: 18 ago. 2013.

CLOCKING IT. **Página oficial do projeto CLOCKING IT**. Disponível em: <http://www.clockingit.com/>. Acesso em: 16 ago. 2013.

SHAER, S., GURTNER, W., **IONEX: The IONosphere Map EXchange Format Version 1**. Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland. Darmstadt, Germany, 1998.