

# **DESENVOLVIMENTO DE ROTINAS COMPUTACIONAIS PARA O PROCESSAMENTO DE DADOS ESPECTRAIS DA RADIAÇÃO SOLAR**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/INPE/CNPq)**

Flávia Yumi Ichikura (UNIFESP-SJC, Bolsista PIBIC/CNPq,  
flavia.ichikura@gmail.com)

Dr. Waldeir Amaral Vilela (COCTE/LABAS/INPE, Orientador,  
waldeir.vilela@inpe.br)

INPE

São José dos Campos

2018

## RESUMO

O Grupo de Dispositivos Fotovoltaicos (GDF) em conjunto com o Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) vem realizando uma pesquisa científica que visa determinar os efeitos causados em módulos fotovoltaicos pelas variações espectrais da radiação solar. Devido à grande quantidade de dados que esta pesquisa gera fez-se necessário o desenvolvimento de um banco de dados para auxiliar em sua busca e organização de modo eficiente. Além disso o banco serve como ferramenta para unificação do armazenamento dos dados uma vez que eles são provenientes de diversos sensores. O banco é gerenciado por um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), que faz a manipulação dos dados. Para que os usuários possam ter acesso aos dados sem precisarem fazer uso de uma plataforma do SGBD, um software em Java está em desenvolvimento. Esse software está conectado ao banco e serve de ponte entre os usuários e o banco.

Palavras-chave: Sensores Ambientais. Dados Ambientais. Banco de Dados.

## LISTA DE FIGURAS

	<b><u>Pág.</u></b>
Figura 3.1 - Instalação dos módulos fotovoltaicos no LIM/INPE. ....	17
Figura 3.2 - Modelo do banco de dados.....	18
Figura 4.1 - Tela de menu do software.....	24

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1 – Dados ambientais e dos módulos fotovoltaicos e seu tipo no banco .....	19
Tabela 4.1 – Tempo de execução de uma inserção no MySQL.....	25
Tabela 4.2 – Desempenho de inserção em lotes com tamanhos diferentes ....	26

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DML	Linguagem de Manipulação de Dados
GUI	Interface Gráfico do Usuário
JDBC	Java Database Connectivity
JVM	Máquina Virtual do Java
SGBDOR	Sistema de gerenciamento de Banco de Dados Objeto Relacional

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	10
2.1 Módulos Fotovoltaicos .....	10
2.2 Sensores.....	10
2.2.1 Radiômetro.....	11
2.2.1.1 Medição da radiação direta.....	12
2.2.1.2 Medição da radiação difusa .....	12
2.2.1.3 Espectrorradiômetro .....	12
2.2.2 Pluviômetro .....	13
2.2.3 Barômetro .....	13
2.3 Banco de Dados .....	14
3 METODOLOGIA .....	16
3.1 Sistema de Aquisição de Dados .....	16
3.2 Banco de Dados .....	17
3.2.1 PostgreSQL.....	18
3.2.2 Dados de Entrada .....	19
3.2.3 Modelagem .....	20
3.3 Software.....	21
3.3.1 Conexão com o banco de dados.....	21
3.3.2 Padrões de Projeto.....	22
3.3.3 Leitura de Arquivos .....	22
3.4 Metodologia de Teste .....	22
4 RESULTADOS .....	24
4.1 Banco de Dados e Software .....	24
4.2 Testes de desempenho .....	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	27
5.1 Conclusão.....	27
5.2 Trabalhos Futuros.....	27
6 BIBLIOGRAFIA.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

O Sol está presente na geração de energia em diversos processos terrestres. Na fotossíntese, por exemplo, as plantas conseguem sobreviverem a partir da energia emitida pelo Sol. Também presente no ciclo da água, o Sol emite energia na forma de calor capaz de evaporar a água, que na atmosfera forma nuvens e volta a superfície na precipitação, aumentando o volume dos rios e assim possibilitando geração de energia elétrica pelas hidrelétricas. Outra forma de obter energia elétrica, é a partir do uso de dispositivos fotovoltaicos. Esses dispositivos possuem células solares, que captam a radiação solar e convertem diretamente em eletricidade.

Existem diversas tecnologias de semicondutores utilizadas para fabricação das células solares. Cada tecnologia tem seu desempenho influenciado pelas variáveis do ambiente, como a temperatura, o espectro solar, a radiação difusa e outras. O Grupo de Dispositivos Fotovoltaicos (GDF) juntamente ao Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), ambos grupos de pesquisa do INPE, estudam as variações do espectro solar na região do Sudeste brasileiro. A instalação do projeto se encontra no Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM) no campus do INPE em Cachoeira Paulista - SP.

Muitos são os dados ambientais e dos módulos fotovoltaicos gerados e analisados na pesquisa. Em cenários semelhantes, quando não existe um sistema organizado de dados, a busca por informação pode se tornar excessivamente custosa. O tempo gasto na busca poderia ser melhor aproveitado em atividades mais produtivas. Portanto mostrou-se necessário a implementação de um gerenciador de dados para que extração de informações possa ser realizada de forma eficiente, i.e. rápida, simplificada e exibida de forma organizada. Desse modo durante essa iniciação científica, um banco de dados foi desenvolvido a fim de atender essa necessidade dos pesquisadores. Esse banco é formado por quatro entidades (tabelas), sendo elas a “coleta” que armazena dados ambientais e dos dispositivos fotovoltaicos, “espectro” referente a curva espectral, “usuario” armazena os usuários que podem alterar, inserir e excluir dados e “alteracao” os dados que foram alterados.

Este projeto tem dado continuidade ao trabalho desenvolvido por Breno Baiardi, onde um programa para a unificação dos dados de espectro coletado por espectrorradiômetros diferentes foi desenvolvido. Ambos os trabalhos estão relacionados ao tratamento, organização e gerenciamento dos dados ambientais gerados pelas pesquisas de campo do GDF e LABREN.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Módulos Fotovoltaicos**

A energia emitida pelo Sol pode ser convertida em energia aproveitável pelo homem através do uso células solares, que são dispositivos eletrônicos onde a radiação solar é convertida em eletricidade através do efeito fotovoltaico. As células solares podem ser produzidas em vários tipos de estruturas físicas utilizando diferentes tipos de semicondutores orgânicos ou inorgânicos. Para que seja obtido maior potencial elétrico, as células são associadas eletronicamente formando os módulos fotovoltaicos (NEVES, 2016).

Por serem equipamentos que ficam expostos ao meio ambiente, as células e módulos fotovoltaicos são influenciados por parâmetros ambientais, como a temperatura, intensidade da radiação solar, velocidade do vento, umidade, espectro solar, etc. Assim, monitorar estes parâmetros e conhecer suas influências na geração de energia dos módulos fotovoltaicos é de fundamental importância para garantir sua capacidade de suprimento de energia.

Os parâmetros ambientais são medidos através de sensores que medem tais grandezas físicas e registram os resultados em dispositivos chamados de Coletores de Dados, gerando assim um histórico de dados ambientais. Como a atmosfera é um sistema físico que está em constante mudança, as medições de suas características precisam ocorrer em curtos períodos de tempo, como minutos ou segundos, o que gera grandes históricos de dados.

### **2.2 Sensores**

Sensores são dispositivos que convertem uma grandeza física em um sinal elétrico, mecânico, luminoso, etc. que é transmitido a um medidor. O valor da grandeza pode então ser interpretado a partir dessa indicação. Os sensores são classificados a partir do formato de saída dos seus sensores em digitais ou analógicos. Sinais digitais, também denominados discretos, indicam a existência

ou não de um evento, apresentando dois estados finais de saída on e off ou presença e ausência de determinada grandeza. Sinais analógicos indicam o valor grandezas físicas numa faixa de contínua de valores limitados. Essa faixa deve abranger valores que o dispositivo realiza medições com precisão pré definida pelo fabricante (FUENTES, 2005).

### **2.2.1 Radiômetro**

A radiação solar é formada por duas componentes: a radiação direta e a radiação difusa (CRESESB, 2006). A radiação direta é o conjunto de ondas eletromagnéticas que não foram desviadas de sua trajetória original. Já a radiação difusa, é o conjunto de ondas que sofreram difusão na atmosfera como resultado dos processos de espalhamento Rayleigh e Mie (NEVES, 2016). O conjunto destas duas radiações forma a chamada radiação global.

Essas três classificações da radiação podem ser medidas através de sensores chamados de radiômetros, sendo que cada uma delas é medida através de um tipo específico de radiômetro. O radiômetro é um sensor que faz a medição da potência de irradiação incidente numa dada área da superfície terrestre. Sua unidade de medição é o Watt por metro quadrado ( $W/m^2$ ) e pode ser construído com elementos sensores do tipo fotovoltaicos ou de termopilhas (quando feitos com sensores de termopilha, ganham o nome de piranômetro). A vantagem dos sensores de termopilhas em relação aos fotovoltaicos, é a resposta uniforme em relação ao comprimento de onda. Já os sensores fotovoltaicos possuem menor custo e menor tempo de resposta (CRESESB, 2006).

O radiômetro fotovoltaico possui o mesmo princípio de funcionamento das células fotovoltaicas, onde a radiação solar é convertida em corrente elétrica através do efeito fotovoltaico, de modo que maiores intensidades de radiação geram maiores sinais de corrente elétrica. Já no caso do piranômetro, a radiação incidente aquece o elemento sensor (que é chamado termopilha) que gera uma diferença de potencial devido à diferença de temperatura entre o elemento

sensor e o corpo do piranômetro. Maiores intensidades da radiação, maior a diferença de potencial gerada (NEVES, 2016).

#### **2.2.1.1 Medição da radiação direta**

A radiação direta pode ser medida através de um sensor chamado piroheliômetro. Este sensor possui um tubo colimador com um ângulo sólido muito pequeno para que somente a radiação direta emitida pelo Sol possa ser captada pelo elemento sensor que ele possui. Por isso, ele deve acompanhar o movimento do solar, de modo que radiação direta incidente esteja sempre focada nele. Geralmente utilizam termopilhas como elemento sensor (TIBA, et al., 2000).

#### **2.2.1.2 Medição da radiação difusa**

A radiação difusa pode ser medida por um radiômetro equipado com um anel de sombreamento. O anel irá cobrir o disco solar e o elemento sensor recebe somente a radiação difusa (TIBA, et al., 2000).

#### **2.2.1.3 Espectrorradiômetro**

A radiação solar é emitida em diversos valores de comprimento de onda, de modo que o conjunto destas radiações com diferentes valores de comprimento de onda formam o chamado espectro da radiação solar. Este espectro pode ser medido através de dispositivos opto-eletrônicos chamados de Espectrorradiômetros.

Os espectrorradiômetros captam a radiação solar e a transformam em sinal digital em função do comprimento de onda, em seguida interpretam o sinal e o exibem num computador. No momento da medição, eles captam a radiação

solar onde primeiramente a radiação difusa é colimada de modo que raios se tornem os mais paralelos possíveis. Estes raios atingem um elemento chamado de grade de difração, que difrata a radiação de modo que a radiação com cada comprimento seja refletida em um ângulo específico. Os raios difratados atingem então, com a ajuda de um espelho côncavo um fotodetector que medem os diversos raios em diferentes valores de comprimento de onda. Assim os fótons são convertidos em elétrons, que são digitalizados e enviados a um software do computador, que interpola o sinal e plota os dados em uma curva em função do comprimento de onda e da faixa espectral (B&W TEK, 2018).

### **2.2.2 Pluviômetro**

O pluviômetro é o instrumento meteorológico utilizado em medições de chuva. Seu funcionamento se dá pela captação da água da chuva e a indicação da quantidade por meio de uma graduação no recipiente ou em um display digital, a indicação é dependente do tipo de pluviômetro utilizado. A medição é apresentada em milímetros (mm) por metro quadrado ( $m^2$ ), onde 1mm de chuva corresponde a 1L de chuva em  $1m^2$ . Os principais tipos incluem os pluviômetros convencionais, no qual as medições da água armazenada é feito manualmente, os semiautomáticos, que realizam as medições, armazenam os dados automaticamente e os exibem em uma display, e os automáticos, que medem, armazenam e transmitem automaticamente a medição de chuva (CEMADEN, 2013).

### **2.2.3 Barômetro**

O barômetro é um dispositivo utilizado na medição da pressão atmosférica. Há basicamente dois tipos de barômetros, os aneróides e os de mercúrio. O barômetro de mercúrio foi inventado por Evangelista Torricelli em

1643. Consiste em um tubo de vidro de mais de 1m de comprimento com mercúrio líquido em seu interior. É aberto em uma das extremidades, que é posicionada em contato com um recipiente, que possui mercúrio em seu interior também. A coluna de mercúrio desce para o recipiente até que o peso da coluna do mercúrio se iguale ao peso da coluna de ar, gerando vácuo no interior do recipiente, indicando o valor da pressão atmosférica. Os barômetros aneróides são menos precisos que os de mercúrio, eles armazenam ar numa câmara de metal completamente fechada. Com a queda da pressão, a câmara expande-se, movimentando o ponteiro que indica o valor da pressão, o mesmo ocorre quando há aumento da pressão e a câmara comprime-se.

### **2.3 Banco de Dados**

Banco de dados relacionais são formados por entidades e seus relacionamentos. Uma entidade é representada por uma tabela e um relacionamento representa a conexão entre tabelas. A modelagem desses itens depende do cenário em que o banco será utilizado. Toda entidade possui um atributo (uma coluna), ou um conjunto deles, conhecido como chave primária, que é um identificador único para cada tupla (linha da tabela) cadastrada.

O armazenamento e extração dos dados de um banco podem ser realizados por softwares chamados de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). Esses softwares realizam consultas no banco de forma rápida, alteram os dados de forma consistente e se desejado, restringem os usuários que podem ter acessos a eles.

As requisições de informações no dado do banco, também conhecidas como consultas, devem ser elaboradas numa linguagem de específica do SGBD chamada de Linguagem de Manipulação de Dados (DML). Com essa linguagem, os usuários podem também inserir, remover e atualizar dados. Quando a consulta envolve mais de uma tabela, deve-se especificar quais campos são correspondentes em cada uma. Portanto, espera-se que as entidades que se relacionam com outras, possuam um ou mais atributos para armazenar a chave

primária dessas outras tabelas, esse(s) campo(s) é conhecido como chave estrangeira.

Como os SGBDs permitem o acesso ao banco por diferentes aplicações ao mesmo tempo, esses acessos podem gerar inconsistências dados. Para evitar que esse problema ocorra, existem quatro propriedades conhecidas como ACID que garantem a corretude do banco. ACID é o acrônimo para as propriedades de atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade. A atomicidade é a propriedade que indica que as transações, conjunto de operações no banco, devem executadas por completo ou sem caso de falhas no sistema, nenhuma deve ser executada. A consistência garante que não sejam executadas somente operações corretas, ou seja, que não transgridam as restrições de integridade do banco, por exemplo, que uma palavra seja armazenada num campo do tipo numérico. O isolamento restringe as transações de manipularem dados utilizados por outras transações. A durabilidade garante que somente transações concluídas com êxito tenham suas alterações salvas no banco.

### **3 METODOLOGIA**

O GDF e o LABREN vêm desenvolvendo uma pesquisa científica que visa compreender os efeitos causados pelas variações dos espectros da radiação solar nos módulos fotovoltaicos. Para tanto, desenvolveu-se um sistema de aquisição de dados que monitora alguns módulos fotovoltaicos que ficam em funcionamento em período integral e medem algumas variáveis ambientais que influenciam no funcionamento dos módulos. Devido à grande quantidade de dados gerados, um banco de dados precisou de ser desenvolvido para evitar que as informações se perdessem. Nas próximas sessões mais detalhes sobre o sistema e o banco de dados são descritos.

#### **3.1 Sistema de Aquisição de Dados**

O GDF em conjunto com o LABREN, montou no Laboratório de Instrumentação Meteorológica - LIM, situado no campus do INPE de Cachoeira Paulista - SP um sistema de monitoramento de módulos fotovoltaicos. Esse sistema mede alguns parâmetros ambientais e de desempenho de alguns módulos fotovoltaicos. Este sistema é composto por um conjunto de módulos fotovoltaicos, uma estação meteorológica, coletor de dados e um software onde é possível observar e manipular os dados.

O conjunto de módulos é formado por seis tecnologias fotovoltaicas diferentes, sendo elas a de Silício monocristalino (m-Si), policristalino 102 (p-Si), microcristalino ( $\mu$ -Si), e amorfo (a-Si), de Arseneto de Gálio (GaAs) e Tripla Junção (TJ). Na Figura 2.1 é possível ver uma foto da bancada de módulos.

Figura 3.1 - Instalação dos módulos fotovoltaicos no LIM/INPE.



Fonte: Guilherme Neves (2016)

A estação meteorológica deve ser capaz de medir todos os parâmetros que possam vir a afetar o desempenho dos módulos fotovoltaicos, como a radiação solar, a distribuição espectral do Sol e a temperatura. As medições realizadas pela estação são coletadas pelo Coletor de Dados, que armazena estas informações para, em seguida, enviá-las à um computador. No computador há um software capaz de mostrar os dados coletados e disponibilizá-los para a pesquisa. Porém este software não é capaz de organizar os mesmos.

Outros dados não coletados pelo sistema de aquisição de dados também são utilizados na pesquisa científica realizada pelo GDF e LABREN devido às limitações deste sistema. Os dados são provenientes do Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (Projeto SONDA) e complementam as informações restantes para o andamento da pesquisa.

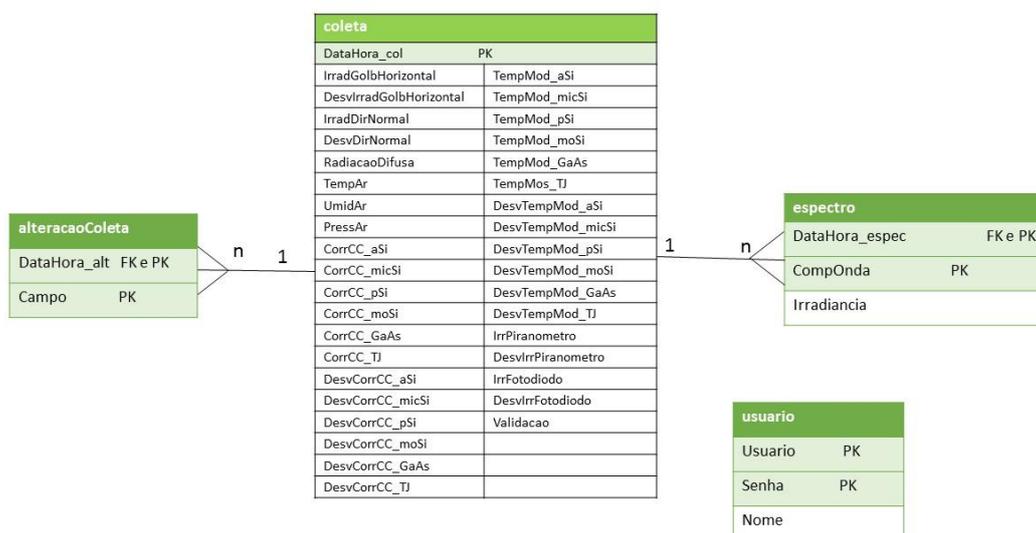
### **3.2 Banco de Dados**

Para lidar com a grande quantidade de dados coletados pelo sistema de aquisição de dados, um banco de dados no PostgreSQL foi desenvolvido com a finalidade de armazenar e atender as requisições de tais dados eficientemente.

O banco está conectado a um software em Java, que serve de intermédio entre o usuário e os dados a partir do uso de sua Interface Gráfica de Usuário (GUI).

Para a criação do banco, primeiramente foram identificados os principais parâmetros a serem armazenados a partir dos requisitos apresentados pela pesquisa científica desenvolvida pelo GDF e LABREN. A partir dos resultados de testes de desempenho de dois SGBDs, o MySQL e o PostgreSQL, determinou-se o uso do PostgreSQL como sistema gerenciador do banco. Os testes serão descritos nas seções 3.4 e 4.2. Na Figura 3.2, tem-se a modelagem do banco de dados do projeto.

Figura 3.2 - Modelo do banco de dados



Fonte: Produção do Autor

### 3.2.1 PostgreSQL

Como o banco de dados é gerenciado pelo PostgreSQL, ele possui as propriedades ACID que garantem o bom funcionamento do banco. A ferramenta é um Sistema de gerenciamento de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBDOR) originalmente desenvolvido na Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos em 1986. Nele podem ser armazenados tipos primitivos de dados, como os que armazenam inteiros e palavras, e também podem ser

criados novos tipos de dados a partir de dados primitivos, como por exemplo o tipo “endereço”, que poderia ser formado por palavras que se refeririam ao nome da rua ou avenida e um inteiro que armazenaria o número do local.

### 3.2.2 Dados de Entrada

Os dados ambientais e dos módulos fotovoltaicos que serão inseridos no banco de dados estão descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Dados ambientais e dos módulos fotovoltaicos e seu tipo no banco

<b>Parâmetro</b>	<b>Fonte</b>	<b>Tipo</b>
Irradiância Global Horizontal (W/m <sup>2</sup> )	SONDA	<i>double precision</i>
Irradiância Direta Normal (W/m <sup>2</sup> )	SONDA	<i>double precision</i>
Irradiância Difusa (W/m <sup>2</sup> )	SONDA	<i>double precision</i>
Temperatura do Ar (°C)	SONDA	<i>double precision</i>
Umidade do Ar (%)	SONDA	<i>double precision</i>
Pressão (mm Hg)	SONDA	<i>double precision</i>
Corrente de Curto Circuito (A)	CR1000	<i>double precision</i>
Temperatura do Módulo (°C)	CR1000	<i>double precision</i>
Irradiância Global no Plano Inclinado (Fotodiodo) (W/m <sup>2</sup> )	CR1000	<i>double precision</i>
Irradiância Global no Plano Inclinado (Piranômetro) (W/m <sup>2</sup> )	CR1000	<i>double precision</i>
Comprimento de Onda (nm)	Espectrorradiômetro	<i>double precision</i>
Irradiância Espectral Global (μW/cm <sup>2</sup> nm)	Espectrorradiômetro	<i>double precision</i>

Fonte: Produção do Autor

Diversas fontes fornecem os dados a serem inseridos no banco. Os que são referentes ao espectro solar são medidos por uma unidade de coleta de dados espectrais, que é constituído por um espectrorradiômetro, que mede o espectro da radiação solar, e um computador que armazena tais dados. O intervalo de medição é de hora em hora entre 8:00 horas e 18:00 horas.

Os dados de Irradiância Global na Horizontal, Radiação Direta, Difusa, são fornecidos pelo projeto SONDA, que possui uma estação meteorológica para a aquisição de dados ambientais. Esta estação (CPA) também está instalada em Cachoeira Paulista.

Os demais dados ambientais e de desempenho dos módulos fotovoltaicos são coletados por um Coletor de Dados chamado CR1000 (um coletor de dados fabricado pela empresa Campbell Scientific) que realiza medições de minuto a minuto em campo dos módulos fotovoltaicos e as outras grandezas importantes para seu monitoramento.

No banco de dados projetado, foram utilizados os dados do tipo numérico, booleano, de data/hora e de caracteres de acordo com o tipo de cada dado de entrada de modo que:

- a) Os dados ambientais com valor numérico coletados, não inteiros, como a pressão atmosférica e a temperatura, foram armazenados no tipo numérico *double precision*. Capaz de armazenar 8 bytes, possibilita números com até 15 dígitos decimais de precisão.
- b) Para os campos que armazenam texto, usuário, senha e nome do usuário, foram usados o tipo *character varying*. O tipo não é de tamanho fixo, mas possibilita limitar o tamanho máximo do texto.
- c) O campo que indica a data e hora da medição, é do tipo *timestamp without time zone*. Possui o seguinte formato: 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss' e armazena 8 bytes.
- d) A validação dos dados é indicada por um campo do tipo *boolean*, ou seja armazenam *true* ou *false*. O campo possui capacidade de armazenamento de 1 byte.

### **3.2.3 Modelagem**

Os dados serão armazenados em quatro entidades: “coleta”, “espectro”, “usuario”, “alteracao”. Na entidade “coleta” estarão os dados coletados pelo CR1000 e pelo projeto SONDA, portanto dados ambientais e dos módulos

fotovoltaicos. Cada cadastro é identificado pelo campo “DataHora\_col” que indica a data e hora da coleta. Como o projeto SONDA nem sempre pode oferecer todos os seus dados, os campos com exceção do “DataHora\_col” não precisam ser preenchidos para a inserção de um cadastro.

Dados espectrais deverão ser inseridos na entidade “espectro”, formada por campos que indicam as coordenadas da curva espectral, “Irradiancia” que armazena o valor da irradiância solar e “CompOnda” o comprimento de onda. Assim como em “coleta”, cada cadastro é identificado pelo campo que indica a data e hora da medição, que é o “DataHora\_espec”.

A fim de proporcionar maior segurança na manipulação de dados, uma entidade “usuario” foi criada. Ela será implementada, para que somente usuários cadastrados possam realizar alterações no banco, como cadastros, exclusão e alteração de dados. Os dados que forem alterados poderão ser identificados a partir de seu cadastro no banco em uma outra tabela criada, chamada “alteracoes”. Essa tabela irá armazenar somente qual campo e de qual dia e hora foi alterado.

### **3.3 Software**

A fim de facilitar a manipulação dos dados armazenados e inserção de novos por usuários, um software na linguagem Java está em desenvolvimento. O programa deverá possibilitar o cadastro, alteração, exclusão e visualização de dados.

#### **3.3.1 Conexão com o banco de dados**

O software está sendo desenvolvido no NetBeans, um ambiente de desenvolvimento integrado. Ele possui o driver para a conexão com SGBDs, como o PostgreSQL e o MySQL, conhecido como Java Database Connectivity (JDBC). O driver disponibiliza classes e interfaces para tal tarefa, entre as classes usadas no desenvolvimento do projeto, estão a *DriverManager* e a

*Connection*. A classe *DriverManager* precisa reconhecer com qual SGBD irá fazer a conexão, para tal é necessário adicionar seu driver específico. A classe *Connection* irá manter a conexão com o banco do projeto.

### **3.3.2 Padrões de Projeto**

Quando o software requisita uma conexão com o banco de dados, a ele é concedido por meio de uma fábrica de conexões. A fábrica de conexões faz parte da implementação de um Padrão de Projeto (Design Patterns) denominado *Factory Method*. Padrões de Projeto (*Design Patterns*) são o núcleo de soluções para problemas de desenvolvimento de softwares, apresentam como partes do software devem ser programadas.

### **3.3.3 Leitura de Arquivos**

O projeto SONDA disponibiliza os dados ambientais num arquivo de extensão “.dat”. Para a leitura desses arquivos, criou-se uma classe “dat” que armazena seu caminho e possui um método que retorna uma lista de “coleta”, ou seja, uma lista de todas as coletas, com somente campos com os relevantes a pesquisa de influências ambientais no espectro solar preenchidos com os dados do arquivo.

O projeto ao qual esse dá continuidade, constitui-se num software que gera um arquivo de extensão “.txt” referente ao espectro da radiação solar. Sua leitura é realizada pela classe “Espectro” e seu retorno é uma lista de objetos do tipo “ponto”, uma classe que tem como parâmetro variáveis double referente às coordenadas do plano cartesiano x e y. A lista descreve a curva espectral.

## **3.4 Metodologia de Teste**

Foram realizados alguns testes a fim de avaliar o desempenho do banco implementado no software. Após a implementação da função de cadastro no

software desenvolvido, foram cronometrados o tempo de cadastro de arquivos do projeto SONDA. Primeiramente utilizando o SGBD MySQL, cronometrou-se o tempo de cadastro de 500 inserções na tabela “coleta”, para se estimar o tempo de cadastro de um arquivo com 11124 inserções. Depois, no mesmo SGBD, cronometrou-se o cadastro do arquivo, em que a cada inserção era executada uma por vez. Ainda no MySQL foi cronometrado o cadastro em lotes, que consiste em armazenar numa variável do tipo *PreparedStatement* diversas operações de inserção e depois de acumulado uma certa quantidade, executá-las no SGBD. Esse método é recomendado para grandes quantidades de operações de inserção. Cronometrou-se também o cadastro em lotes em outro SGBD, o PostgreSQL.

Para a comparação dos métodos em lotes, foram executadas 500 queries (comandos em linguagem SQL no SGBD) de uma só vez em cada SGBD, MySQL e PostgreSQL.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Banco de Dados e Software

O banco de dados criado no PostgreSQL já se encontra em funcionamento, todas as tabelas foram criadas e delas se pode fazer operações de inserção, exclusão, alteração, exclusão e busca de dados. O software conectado ao banco possui GUI e pode realizar inserção e busca de dados.

Ao compilar e executar o software desenvolvido, uma janela é aberta, um *JFrame* com um *JPanel*, elementos gráficos do pacote *JavaSwing*. Essa janela é mostrada na Figura 4.1 e seus botões possibilitam ao usuário navegar pelas telas da aplicação.

Figura 4.1 - Tela de menu do software



Fonte: Produção do Autor

O cadastro de dados pode ser feito ao entrar na tela indicada pelo botão central da figura acima. Depois de realizá-lo, o usuário pode visualizar na própria aplicação se a operação ocorreu de forma correta. Na página de Busca, o

usuário pode fazer a busca de coletas escrevendo na caixa de texto a data e o horário ou somente a data da coleta escolhida. Ao clicar no botão de busca, uma *query* é montada com os parâmetros determinado pelo usuário e em seguida executada pelo SGBD.

O resultado da busca é armazenado numa variável do tipo *ResultSet*, que tem dados preenchendo uma tabela, elemento gráfico do tipo *JTable*, na tela de busca. Os dados que aparecem na tabela são somente a data e o horário da coleta.

## 4.2 Testes de desempenho

A estimativa de tempo de cadastro de arquivos do projeto SONDA foi gerada a partir dos resultados do tempo de 500 inserções na entidade “coleta” no MySQL, que podem ser vistos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Tempo de execução de uma inserção no MySQL

<b>Tentativa</b>	<b>Tempo de segundos</b>
1	0.094
2	0.156
3	0.156
4	0.094
<b>Média</b>	0.125

Fonte: Produção do Autor

Como o arquivo do projeto SONDA usado nos demais testes possuem 111240 coletas, estimou-se que o cadastro teria tempo semelhante a 27.81 segundos.

Os métodos de execução unitária e em lotes com 500 inserções no MySQL obtiveram tempo de execução superior a 17 minutos para o cadastro do arquivo com 111240 coletas, o que mostrou-se insatisfatório se comparado com o valor de tempo estimado.

Comparando o desempenho dos métodos em lotes em SGBDs diferentes, obteve-se uma média de tempo de 358 mseg no PostgreSQL e tempo superior a 1 minuto no MySQL do mesmo conjunto de dados, 500 *queries* em “coleta”. Portanto o PostgreSQL mostrou ser mais eficiente nessa forma de cadastro do que o MySQL.

A fim obter o melhor desempenho no cadastro em lote no PostgreSQL, foi comparado o tempo de lotes com 500 e 1000 inserções para um total de 111240 inserções. Os resultados obtidos estão na Tabela 4.2 abaixo.

Tabela 4.2 – Desempenho de inserção em lotes com tamanhos diferentes

Tentativa	Tempo de execução em segundos	
	500 operações	1000 operações
1	7517	7128
2	8839	7367
3	7734	7402
<b>Média</b>	7845,25	7224,5

Fonte: Produção do Autor

Cronometrou-se o tempo para a inserção de lotes com 10000 *queries*, o resultado não mostrou-se com intervalo expressivo em relação às inserções com 1000 *queries*. Com essa quantidade de conteúdo salva em uma variável do tipo *PreparedStatement*, é possível que o limite de memória fosse ultrapassado e assim dados fossem perdidos. Portanto os lotes tem capacidade de no máximo 1000 *queries* para que dados não sejam perdidos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 Conclusão**

Este projeto de iniciação científica teve como proposta a criação de um banco de dados para armazenamento de dados ambientais e dados de desempenho dos dispositivos fotovoltaicos avaliados em uma das pesquisas científicas desenvolvidas pelo GDF e LABREN. O desenvolvimento do projeto foi dividido em três partes principais além da de testes finais: a identificação de dados relevantes a serem armazenados e a modelagem do banco; a criação do banco num SGBD e o desenvolvimento do software.

Atualmente o projeto já concluiu a primeira e a segunda fase do projeto, estando, portanto, na fase de desenvolvimento do software, assim há ainda funções a serem adicionadas a aplicação. As funções que já foram implementadas, sendo elas o cadastro de usuários, cadastro de dados ambientais e a busca de dados, ocorrem conforme o esperado. Após o cadastro de dados ambientais, é possível visualizá-los numa tabela na tela de buscas ou executando comandos de buscas no SGBD.

Com os testes de desempenho, foi possível escolher um SGBD capaz de realizar cadastro de dados de forma eficiente, ou seja, que seja rápido e mantem os dados organizados. Assim, juntamente com a função de busca de cadastro implementadas no software em desenvolvimento, o projeto tem alcançado os seus objetivos.

### **5.2 Trabalhos Futuros**

Existem outras tarefas que poderiam dar continuidade ao projeto para auxiliariam ainda mais a pesquisa do desempenho dos módulos fotovoltaicos. Elas são:

- Adição de funções no software para exclusão e alteração de dados armazenados no banco;

- Desenvolvimento de uma ferramenta para o download de um relatório contendo todos os valores dos parâmetros coletados em uma determinada data e hora, e se existir dados espectrais, um gráfico com a curva espectral formada pelos dados armazenados;
- Implementação de um algoritmo para validação e qualificação dos dados, pois os sensores estão sujeitos a falhas.

## 6 BIBLIOGRAFIA

BW & TEK. **How Does a Spectrometer Work?**. Disponível em: <http://bwtek.com/spectrometer-introduction/>. Acesso em: 16 jul. 2018.

CEMADEN. **Pluviômetros**. 2013. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>. Acesso em: 13 jul. 2018.

CRESESB. **Energia Solar: Princípios E Aplicações**. 2006. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf). Acesso em: 15 jul. 2018.

DEITEL, P.; DEITEL, H.. **Java: como programar**. 10.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2017. 934p. ISBN 978-85-4301-905-5.

FORNARI, C. **Unidade de Monitoramento Ambiental para o Estudo da Irradiância Solar e Sensores**. 2013. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2013.

FUENTES, R. **Apostila de Automação Industrial**. Santa Maria: UFSM, 2005.

MAGARE, Dhiraj et al. DATA LOGGING STRATEGY OF PHOTOVOLTAIC (PV) MODULE TEST BEDS. In: European Photovoltaic Solar Energy Conference, 27, 2012,pp. 3259–3262. **Proceedings...** Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/235956591\\_Data\\_Logging\\_Strategy\\_of\\_Photovoltaic\\_PV\\_Module\\_Test\\_Beds](https://www.researchgate.net/publication/235956591_Data_Logging_Strategy_of_Photovoltaic_PV_Module_Test_Beds). Acesso em: 12 jul. 2018.

NEVES, G. **Estudo da Influência do Espectro da Radiação Solar nos Módulos Fotovoltaicos**. 2016. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016.

POSTGRESQL. **PostgreSQL 9.1.24 Documentation**. Disponível em: <https://www.postgresql.org/docs/9.1/static/index.html>. Acesso em: 06 jul. 2018.

RAMAKRISHNAN, R.; GEHRKE, J. **Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados**. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008. 884 p. ISBN 978-85-7726-027-0.

TIBA, C. **Atlas solarimétrico do Brasil**. Universitária da UFPE, Recife, 2000.