

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

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

Flávia Yumilchikura (UNIFESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: flavia.ichikura@gmail.com

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

Msc. Guilherme Marques Neves (COCTE/LABAS/INPE, Co-orientador)
E-mail: guilherme.neves@inpe.br

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
Sumário.....	ii
Lista de Figuras.....	iv
Lista de Tabelas.....	vi
Lista de Silgas e Abreviaturas.....	vii
Resumo.....	viii
1 Introdução.....	9
2 Objetivos.....	11
3 Fundamentação Teórica.....	12
3.1 Módulos Fotovoltaicos.....	12
3.2 Sensores.....	13
3.2.1 Radiômetro.....	13
3.2.1.1 Medição da radiação direta.....	14
3.2.1.2 Medição da radiação difusa.....	14
3.2.1.3 Espectrorradiômetro.....	14
3.2.2 Pluviômetro.....	15
3.2.3 Barômetro.....	15
3.3 Sistema de Aquisição de Dados.....	16
3.4 Banco de Dados.....	18
4 Materiais utilizados.....	20
4.1 PostgreSQL.....	20
4.2 pgAdmin.....	20
4.3 Linguagem Java.....	20
4.4 NetBeans.....	20
4.5 Arquivos.....	20
5 Metodologia.....	21
5.1 Banco de Dados.....	22
5.1.1 Modelo de Dados.....	22
5.1.2 Dados Armazenados.....	24
5.2 Software.....	27

5.2.1	Login e Cadastro de Usuários.....	27
5.2.2	Cadastro de Arquivos.....	28
5.2.3	Visualização de Dados.....	30
5.2.4	Backup e Restauração.....	32
6	Resultados.....	33
6.1	Cadastro de Usuários.....	33
6.2	Cadastro de Dados.....	37
6.2.1	Arquivo com Dados para Coleta.....	38
6.2.2	Arquivo com Dados Espectrais.....	41
6.2.3	Arquivo com dados da Irradiância Global no Topo da Atmosfera.....	44
6.2.4	Cadastro Manual.....	45
6.3	Visualização de Dados pelo Software.....	46
6.3.1	Busca por Dados.....	46
6.3.2	Visualização de Dados Individualmente.....	47
6.3.2.1	Alteração de Dados.....	48
6.3.3	Visualização de Dados de Irradiância Global no Topo da Atmosfera.....	50
6.4	Backup e Restauração.....	50
7	Conclusão.....	53
8	Referências.....	54

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 - Instalação dos módulos fotovoltaicos no LIM/INPE.	17
Figura 2 - Metodologia do projeto.....	21
Figura 3 - Modelo de dados.....	23
Figura 4 - Fluxograma do Login e Cadastro de Usuários.....	27
Figura 5 - Fluxograma do Cadastro de Arquivos.....	29
Figura 6 - Fluxograma da Busca por Cadastros.....	30
Figura 7 - Fluxograma da Visualização de uma Coleta Individualmente.....	31
Figura 8 - Fluxograma da Visualização de uma Coleta Individualmente.....	32
Figura 9 – Tabela “usuario” sem cadastros.....	33
Figura 10 – Inserção de dados no software.....	33
Figura 11 – Tabela “usuario” com dado cadastrado.....	34
Figura 12 – Cadastro com dados já inseridos no banco.....	34
Figura 13 – Cadastro com dados faltantes.....	35
Figura 14 – Cadastro com senhas diferentes.....	36
Figura 15 – Cadastro com senha não alfanumérica e com menos de 8 caracteres.....	36
Figura 16 – Tabela “usuario” com dois usuários cadastrados.....	37
Figura 17 – Opções de Cadastros.....	37
Figura 18 – Tabela “coleta” sem dados cadastrados.....	38
Figura 19 – Arquivo do com dados para cadastros.....	38
Figura 20 – Tabela “coleta” após o cadastro de dados do arquivo.....	39
Figura 21 – Cadastro com valores repetidos na tabela “coleta”.....	39
Figura 22 – Arquivo sem a identificação para o campo “TIMESTAMP”.....	40
Figura 23 – Cadastro do arquivo sem o campo “TIMESTAMP”.....	40
Figura 24 – Tabela “coleta” após a tentativa de cadastro do arquivo sem o campo “TIMESTAMP” identificado.....	41
Figura 25 – Arquivo com dados espectrais.....	42
Figura 26 – Cadastro do arquivo com dados espectrais.....	42
Figura 27 – Tabela “espectro” antes do cadastro.....	43

Figura 28 – Tabela “espectro” após do cadastro.....	43
Figura 29 – Tabela “coleta” após do cadastro do espectro	43
Figura 30 – Tabela “irradianciaGlobal” vazia.....	44
Figura 31 – Arquivo com dados da irradiância global no topo da atmosfera	44
Figura 32 – Tabela “irradianciaGlobal” após o cadastro.....	45
Figura 33 – Cadastro manual por meio do software na tabela “coleta”	45
Figura 34 – Coleta manual cadastrada no banco de dados	46
Figura 35 – Busca no software por coletas cadastradas para “São José dos Campos”	47
Figura 36 – Janela com todos os dados de uma coleta específica	48
Figura 37 – Atualização no cadastro da coleta.....	49
Figura 38 – Cadastro da atualização no banco de dados	49
Figura 39 – Campo alterado notificado na janela individual	49
Figura 40 – Resultado da busca por dados de irradiância global no topo da atmosfera	50
Figura 41 – Tela de Backup e Restauração	51
Figura 42 – Tela de Backup e Restauração após a exclusão de dados.....	51
Figura 43 – Fim da operação de restauração do banco.....	52

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 – Tabela de Dados	25

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACID	Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade
DML	Linguagem de Manipulação de Dados
JVM	Máquina Virtual do Java
SGBD	Sistema de gerenciamento de Banco de Dados

RESUMO

O Grupo de Dispositivos Fotovoltaicos e o Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia pesquisam sobre a influência das variações espectrais da radiação solar em módulos fotovoltaicos. Para a realização do estudo, um sistema de coleta de dados espectrais e de desempenho de módulos fotovoltaicos foi desenvolvido e instalado no campus do INPE em Cachoeira Paulista (SP), em São José dos Campos e em São Paulo. Esses sistemas geram um grande volume de dados que estão armazenados em diferentes arquivos, essas características dificultam as pesquisas, pois dados podem ser perdidos ou analisados de forma errada. Desse modo, durante esta iniciação científica, desenvolveu-se um software com um banco de dados com o objetivo de armazenar e organizar os dados coletados pelo projeto científico facilitando sua busca. O banco foi desenvolvido no Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados PostgreSQL, seguindo o modelo entidade e relacionamento e atendendo os requisitos do projeto de pesquisa. Já o software está em linguagem de programação Java e conta com uma interface gráfica para manipulação de dados pelos usuários. Os testes realizados no projeto mostram que ele cumpre seus requisitos e é capaz de armazenar e atender as requisições dos usuários. Apesar disso ainda existem algumas funcionalidades que devem ser melhoradas, como a validação de alguns dados, o tempo de processamento de dados e a adição de uma tela de espera.

Palavras-chaves: Banco de Dados. Armazenamento. Software.

1 INTRODUÇÃO

O Sol é a fonte de energia mais importante para a humanidade e para o planeta Terra. É a energia fornecida por ele através de radiação eletromagnética que é a fonte primária de diversos processos físicos, químicos e biológicos que acontecem no planeta Terra. As plantas, por exemplo, usam sua energia para seu crescimento e desenvolvimento através da fotossíntese. É a energia fornecida pelo Sol que evapora a água e dá continuidade ao ciclo da água na natureza, gera as diferenças de temperatura que causam o deslocamento de ventos, etc. Os seres humanos começaram a aproveitar esta energia nas últimas décadas para geração de energia elétrica através da utilização de dispositivos fotovoltaicos (PV EDUCATION, 2019).

Diferentemente de outras fontes mais usuais para obter energia elétrica, como os combustíveis fósseis e usinas nucleares, os dispositivos fotovoltaicos fazem uso de uma fonte de energia renovável, sendo um importante aliado na diminuição de poluentes na atmosfera. Esses dispositivos são feitos com células solares que captam a radiação solar e a convertem diretamente em eletricidade. O processo de geração de energia é influenciado por fatores como a temperatura e o espectro da radiação eletromagnética emitida pelo Sol, de modo que características locais da atmosfera acabam tendo impacto na energia produzida pelos módulos (NEVES, 2016).

Tendo em vista as influências que parâmetros ambientais podem ter nos módulos fotovoltaicos, o Grupo de Dispositivos Fotovoltaicos (GDF/INPE) juntamente ao Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN/INPE), ambos grupos de pesquisa do INPE, vem realizando pesquisa científica sobre as variações do espectro solar na região do Sudeste brasileiro e seus impactos na geração de energia solar. Para tanto, um sistema de coleta de dados foi desenvolvido e instalado no Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM) no campus do INPE em Cachoeira Paulista - SP. Este sistema é composto por:

1. um sistema de coleta de dados espectrais para a medição do espectro da radiação solar em tempo integral;
2. um sistema de monitoramento de módulos fotovoltaicos, que mede os dados de desempenho de quatro tecnologias fotovoltaicas (Silício monocristalino, policristalino, microcristalino e amorfo) como corrente e temperatura de cada um, além da irradiância global no plano inclinado em tempo integral.

Além dos dados coletados pelos sistemas, dados provenientes do Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais – SONDA também são utilizados com o intuito de complementar as informações necessárias para a realização da pesquisa. O sistema de coleta realiza a mediação de diversas grandezas várias vezes ao dia, o que acaba gerando uma grande quantidade de dados. Este grande volume de dados torna a busca por informação e a manipulação dos dados muito trabalhosa, uma vez que não há um sistema que os organize. Sem organização dos dados coletados, há uma grande perda de tempo no processo de busca por eles, e ainda dados podem se perder ou serem utilizados de maneira errada, o que colocaria em risco a realização do projeto de pesquisa. Para que esses problemas possam ser evitados, implementou-se um banco de dados com o auxílio de um sistema gerenciador de banco de dados e um software conectado aos dois.

2 OBJETIVOS

O projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema com banco de dados para o armazenamento de dados ambientais, espectrais e de desempenho de dispositivos fotovoltaicos. Ele também deve ser capaz de apresentar os dados requisitados pelos usuários.

Especialmente, o projeto deve atender os seguintes requisitos do sistema:

- a) possuir uma interface gráfica que seja de fácil utilização pelos usuários;
- b) armazenar todas as informações necessárias à pesquisa científica de forma organizada;
- c) impedir a duplicação de informações e possibilitar a ausência de dados não informados (caso estejam faltando);
- d) ser capaz de realizar a leitura de arquivos gerados pelas diversas fontes de coleta de dados;
- e) formar consultas e outras instruções que o usuário deseja realizar sobre o banco;
- f) ser compatível com as máquinas utilizadas pelos usuários;
- g) apresentar processamento eficiente.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será detalhada a fundamentação teórica para a realização deste trabalho. Nos próximos tópicos serão apresentados os instrumentos utilizados na coleta de dados e também conceitos sobre banco de dados.

3.1 Módulos Fotovoltaicos

Com o reconhecimento das limitações do uso de energia fóssil nos anos 70', intensificou-se o interesse no uso de energias renováveis e consequentemente em células solares (RAU, 2016). As células solares são dispositivos optoeletrônicos que convertem diretamente energia solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO, 2006). Podem ser produzidas em vários tipos de estruturas físicas utilizando diferentes tipos de semicondutores orgânicos ou inorgânicos. Uma célula fotovoltaica tem baixa tensão e corrente elétrica, então, para que seja obtido maior potencial elétrico, agrupam-se eletronicamente células formando os módulos fotovoltaicos (NEVES, 2016).

As instalações desses equipamentos são expostas ao meio ambiente, portanto as células e módulos fotovoltaicos estão sujeitos a diferentes parâmetros ambientais, como a temperatura, intensidade da radiação solar, velocidade do vento, umidade, espectro solar, etc. Assim, monitorar esses parâmetros e conhecer suas influências na geração de energia dos módulos fotovoltaicos é de fundamental importância para garantir sua capacidade de suprimento de energia (NEVES, 2016).

Diferentes tipos de sensores são capazes de medir esses parâmetros ambientais. Os resultados das medições das grandezas físicas são registradas 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 um grande volume de dados.

3.2 Sensores

Sensores são dispositivos que convertem uma grandeza física em um sinal elétrico, mecânico, luminoso, etc. que é transmitido a um indicador. O valor da grandeza pode então ser interpretado a partir dessa indicação. Os sensores podem ser classificados a partir do formato de saída como digitais ou analógicos. Sensores digitais, também denominados discretos, indicam a existência ou não de um evento, apresentando dois estados finais de saída 1 e 0 ou presença e ausência de determinada grandeza. Sensores analógicos indicam o valor grandezas físicas numa faixa de contínua de valores limitados, que seria a faixa de operação do dispositivo pré definida pelo fabricante (ROGGIA; FUENTES, 2005).

3.2.1 Radiômetro

A radiação solar é formada por duas componentes: a radiação direta e a radiação difusa. 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. O conjunto destas duas radiações forma a chamada radiação global (NEVES, 2016).

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).

3.2.1.1 Medição da radiação direta

A radiação direta pode ser medida através de um sensor chamado pireliômetro. Normalmente esse sensor possui um tubo colimador com um ângulo sólido muito pequeno para que somente a o disco solar e a região vizinha denominada circunsolar possam ser captadas pelo elemento sensor que possui (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO, 2006). Assim, deve acompanhar o movimento do Sol, de modo que radiação direta incidente esteja sempre focada nele. Geralmente utilizam termopilhas como elemento sensor (TIBA et al., 2000).

3.2.1.2 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, bloqueando a radiação solar direta, de modo que o elemento sensor recebe somente a radiação difusa (TIBA et al., 2000).

3.2.1.3 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 (BW TEK, 2018).

3.2.2 Pluviômetro

O pluviômetro é o instrumento meteorológico utilizado em medições de chuva. Seu funcionamento se dá pela captação de gotas da chuva num coletor e a posterior indicação da medição por meio de uma graduação no recipiente ou em um display digital. O índice pluviométrico é expressa em milímetros, onde a coleta é realizada em 1 m², assim 1 mL de chuva é equivalente a 1 L de água por 1 m² (VOLTAN, 2012). 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).

3.2.3 Barômetro

A pressão atmosférica é o valor do peso da coluna de ar vertical acima de um determinada área. Seu instrumento de medição é conhecido como

barômetro. Há basicamente dois tipos de barômetros: os aneróides e os de mercúrio (World Meteorological Organization, 2008).

O barômetro de mercúrio foi inventado por Evangelista Torricelli em 1643. Consiste em um tubo de vidro de mais de 1m de comprimento, aberto em uma de suas extremidades, que contém mercúrio líquido em seu interior. A extremidade aberta é mergulhada numa cuba, que possui mercúrio em seu interior também (CREDER, 2004). 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. O uso desse tipo de dispositivo está em declínio devido ao vapor de mercúrio ser altamente tóxico, a delicadeza do dispositivo e seu difícil transporte, além de outras características (World Meteorological Organization, 2008).

Os barômetros aneróides são menos precisos que os de mercúrio, são formados por uma câmara de metal completamente fechada que está parcial ou totalmente evacuada. 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 se comprime (World Meteorological Organization, 2008).

3.3 Sistema de Aquisição de Dados

O GDF em conjunto com o LABREN montaram um sistema de monitoramento de módulos fotovoltaicos no Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM), situado no campus do INPE de Cachoeira Paulista. Ele é composto por um conjunto de diferentes tecnologias de módulos fotovoltaicos, uma estação meteorológica, um coletor de dados e um software onde é possível observar e manipular os dados, realizando então medidas ambientais e de desempenhos dos módulos.

O conjunto de módulos é formado por seis tecnologias fotovoltaicas diferentes, sendo elas a de Silício monocristalino (m-Si), policristalino 102 (p-Si), microcristalino (μ -Si), e amorfo (a-Si), de Arseneto de Gálio (GaAs) e Tripla Junção (TJ). Na Figura 1 é possível ver uma foto da bancada de módulos.

Figura 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 minuto a minuto pelo Coletor de Dados CR1000, 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.

Devido às limitações do sistema, existem outros dados não coletados por ele, mas que também são utilizados na pesquisa científica realizada pelo GDF e LABREN. Os dados são provenientes do Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (Projeto SONDA) e complementam as informações restantes para o andamento da pesquisa.

3.4 Banco de Dados

Uma alternativa para armazenar todos os dados coletados por esses sensores, é um banco de dados. Os bancos 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. Se duas entidades possuem um relacionamento, a chave primária de uma das tabelas está presente na outra que é denominada de chave estrangeira.

A definição, construção, manipulação e compartilhamento dos dados de um banco pode ser realizado 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, além de adicionar funções e realizar modificações na estrutura do banco. Quando a consulta envolve mais de uma tabela, deve-se especificar quais campos se correspondem em cada uma das entidades, que seria, informar qual é a chave primária e estrangeira que armazenam o mesmo valor.

Como os SGBDs permitem o acesso ao banco por diferentes aplicações ao mesmo tempo, esses acessos podem gerar inconsistências nos dados. Para evitar que esse problema ocorra, existem quatro propriedades conhecidas como ACID que garantem que o banco esteja correto. 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 ser executadas por completo ou em caso de falhas no sistema, nenhuma deve ser executada. A consistência garante que 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.

4 MATERIAIS UTILIZADOS

4.1 PostgreSQL

O PostgreSQL é um SGBD objeto-relacional desenvolvido pela Universidade da Califórnia em 1986. Possui as propriedades ACID que garantem seu bom funcionamento. Devido a sua característica objeto-relacional, os bancos por ele gerenciados podem armazenar dados de tipos primitivos, como inteiros e palavras, mas, também podem ser criados novos tipos de dados a partir de dados primitivos. Um exemplo seria um dado do tipo “endereço”, que poderia ser formado por palavras que se refeririam ao nome da rua ou avenida e um inteiro que armazenaria o número da localização.

4.2 pgAdmin

Para que a execução do SGBD não fosse pela linha de comando ou terminal, utilizou-se da plataforma pgAdmin. O software possui uma interface gráfica que facilita a interação com os dados do banco e as funções disponibilizadas pelo PostgreSQL.

4.3 Linguagem Java

O desenvolvimento do software para os pesquisadores foi em linguagem Java. Java é uma linguagem orientada a objeto, e assim como o PostgreSQL, possibilita a criação de objetos próprios a partir de objetos primitivos. Foi desenvolvida para fins de portabilidade, desse modo, é uma linguagem em que seus arquivos, primeiro, são interpretados, gerando novos arquivos em *bytecodes* que em seguida podem ser executados nas máquinas virtuais do Java (JVM).

4.4 NetBeans

O ambiente de desenvolvimento utilizado para programar em Java foi o NetBeans, devido a facilidade que proporciona para a criação de interfaces gráficas.

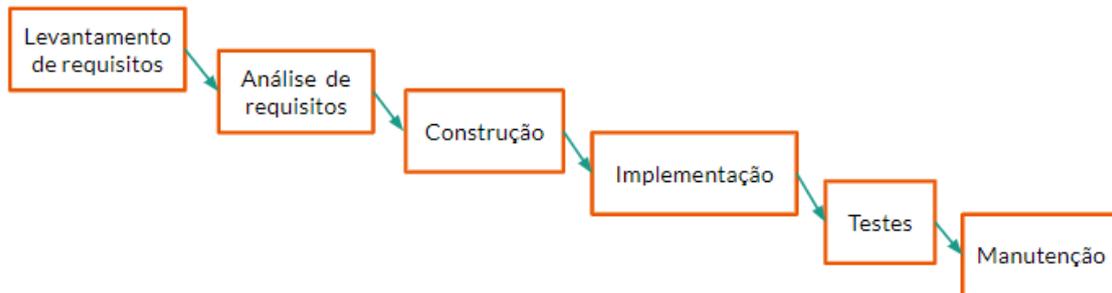
4.5 Arquivos

Os arquivos utilizados pelos pesquisadores serviram de molde e também de casos de teste para o desenvolvimento do projeto.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo será detalhado desenvolvimento do projeto. Na Figura 2 estão os passos seguidos. Primeiramente, durante a revisão bibliográfica foram levantados os requisitos do sistema.

Figura 2 - Metodologia do projeto



Fonte: O Autor.

Após serem levantados quais seriam os requisitos do sistema, eles foram analisados, verificando quais seriam realmente necessários e viáveis ao projeto. Na próxima fase, iniciou-se a codificação do projeto.

Na fase “Construção”, criou-se o banco de dados e também o programa em Java com interface gráfica e conexão ao banco. Essa fase será melhor detalhada nas seções 5.1 e 5.2.

Depois da criação da primeira versão do projeto, implementou-se o sistema em computadores para realizar a primeira fase de testes com os usuários finais.

Após a fase de implementação, então, tem-se a fase de testes, onde deve-se verificar se todos os arquivos estão sendo lidos corretamente, dados estão sendo cadastrados, modificações no banco estão sendo salvas e se o tempo de operação está satisfatório.

Caso alguma característica do projeto identificada durante a fase de testes deve ser modificada, a fim de estar de acordo com os requisitos do

projeto, ou novas sugestões que surgirem na fase de testes, as alterações fazem parte do último passo, que é a “Manutenção”.

5.1 Banco de Dados

Para lidar com a grande quantidade de dados coletados pelo projeto de pesquisa, criou-se um banco de dados no SGBD PostgreSQL. O banco segue o modelo entidade relacionamento, onde cada tabela, conhecida também como entidade, está conectada a outra(s) por meio de relacionamento(s).

5.1.1 Modelo de Dados

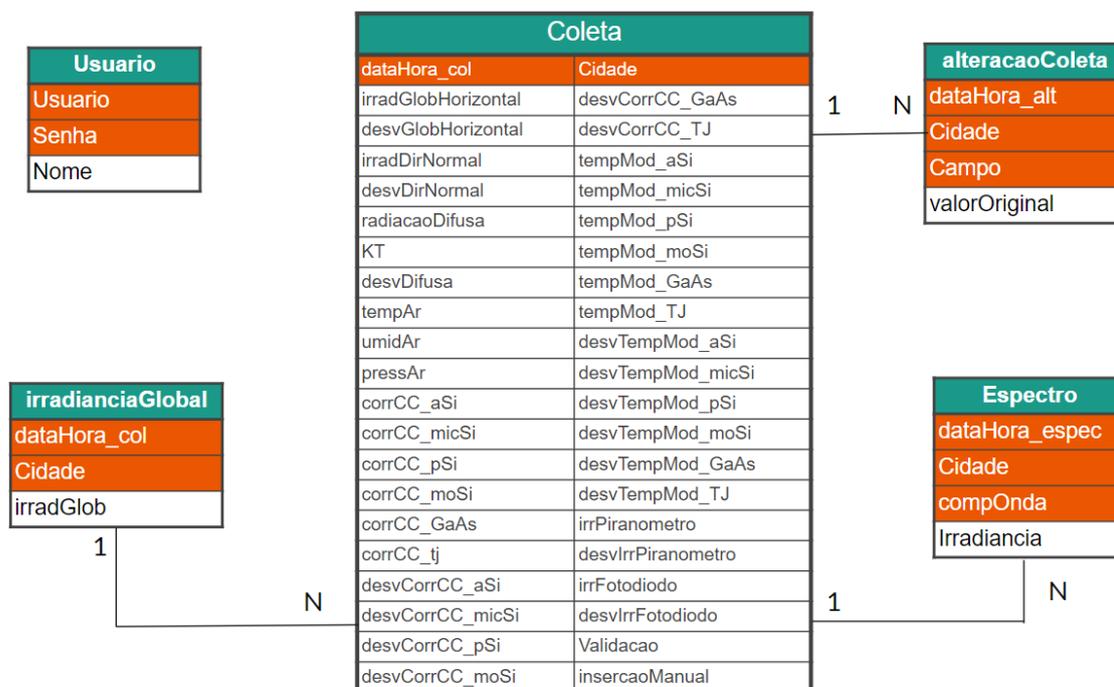
Identificou-se que cinco tabelas seriam capazes de armazenar todos os dados necessários às pesquisas do GDF e do LABREN. Essas tabelas são “coleta”, “espectro”, “irradianciaGlobal”, “alteracaoColeta” e “usuario”, cada uma possui uma chave primária, que é a chave identificadora de cada inserção, portanto deve ser única em cada conjunto de dados inseridos numa das tabelas. Em “coleta”, por exemplo, a chave primária é formada pelos campos que possuem os dados da data, hora e cidade de coleta. A Figura 3 apresenta o diagrama de entidade relacionamento do banco de dados desenvolvido, nele está presente a chave primária de cada tabela, que seriam os campos em laranja, quais são os campos que formam cada tabela e seu(s) relacionamento(s).

Como o sistema está implementado num computador do laboratório GDF, e qualquer pessoa que tenha acesso a máquina terá ao banco, criou-se a tabela “usuario”, para restringir algumas operações somente a pessoas autorizadas. A entidade armazenará os usuários capazes de alterar o banco dados, ou seja, inserir, alterar e excluir dados. A chave primária de “usuario” é formada pelos campos que identificam o usuário e sua senha.

Na entidade “coleta” estão os dados coletados pelo CR1000 e pelo projeto SONDA, que são os dados ambientais e dos módulos fotovoltaicos. Cada cadastro é identificado pelos campos “DataHora_col”, que indica a data e hora da coleta, e “Cidade”, que identifica o local de coleta. Como o projeto

SONDA nem sempre pode oferecer todos os seus dados, os campos com exceção de “DataHora_col” e “Cidade” não precisam ser preenchidos para a inserção de um cadastro.

Figura 3 - Modelo de dados



Fonte: O Autor.

Caso algum dado de coleta seja alterado, a entidade “alteracaoColeta” armazenará qual foi o campo modificado e também qual era o valor original armazenado em “coleta”. A chave primária de “alteracaoColeta” é formada pelos campos que armazenam o valor de data, hora, local de coleta e o nome do campo alterado.

O valor do campo “KT” de “coleta”, campo que armazena o índice de limpidez do céu, é medido a partir da razão entre a irradiância global na horizontal e a irradiância global no topo da atmosfera (NEVES et al., 2018). Como o valor dessa irradiância é calculado a partir de outras variáveis e é um valor teórico que se repete periodicamente, criou-se a entidade “irradianciaGlobal” para seu armazenamento.

Os 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, e o local de coleta dos dados, “Cidade”. Assim como em “coleta”, cada cadastro é identificado pelo campo que indica a data e hora da medição, que é o “DataHora_espec”, e por “Cidade”.

5.1.2 Dados Armazenados

Os dados que serão armazenados nas entidade estão descritos na Tabela 1. Em sua segunda coluna estão as nomenclaturas utilizadas no banco e na terceira coluna o parâmetro físico que esse campos armazenam.

Como pode ser observado na Tabela 1, 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 temporal de medição é de hora em hora entre as 8:00 horas e 18:00 horas.

Os dados de Irradiância Global na Horizontal, Radiação Direta, Difusa, são medidos de minuto a minuto pelo projeto SONDA, que possui uma estação meteorológica instalada em Cachoeira Paulista para a aquisição desses dados ambientais.

Os demais dados ambientais e de desempenho dos módulos fotovoltaicos são coletados por um Coletor de Dados chamado CR1000 (coletor de dados fabricado pela empresa Campbell Scientific) que realiza medições de minuto a minuto em campo da corrente de curto circuito dos módulos fotovoltaicos, suas temperaturas de operação e a irradiância global no plano inclinado incidente sobre eles.

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.

Tabela 1 – Tabela de Dados

Tabela	Campo(s)	Parâmetro	Fonte	Tipo de campo
coleta	irradGlobHorizontal	Radiação Solar GlobalHorizontal (W/m ²)	SONDA	double precision
coleta	irradDirNormal	Radiação Direta Normal (W/m ²)	SONDA	double precision
coleta	radiacaoDifusa	Radiação Difusa (W/m ²)	SONDA	double precision
coleta	tempAr	Temperatura do Ar (°C)	SONDA	double precision
coleta	umidAr	Umidade do Ar (%)	SONDA	double precision
coleta	pressAr	Pressão (mm Hg)	SONDA	double precision
coleta	corrcc_aSi, corrCC_micSi, corrCC_pSi, corrCC_moSi, corrCC_GaAs, corrCC_TJ	Corrente de Curto Circuito (A)	Sistema deacompanhamento de desempenhos módulosfotovoltaicos	double precision
coleta	tempMod_aSi, tempMod_micSi, tempMod_pSi, tempMod_moSi, tempMod_GaAs, tempMod_TJ	Temperatura do Módulo (°C)	Sistema deacompanhamento de desempenhos módulosfotovoltaicos	double precision

coleta	irrFotodiodo	Irradiância Global no Plano Inclinado (Fotodiodo) (W/m ²)	Sistema deacompanhame nto de desempenhodos módulosfotovoltaicos	double precision
coleta	irrPiranometro	Irradiância Global no Plano Inclinado (Piranômetro) (W/m ²)	Sistema deacompanhame nto de desempenhodos módulosfotovoltaicos	double precision
espectro	compOnda	Comprimento de Onda (nm)	Sistema de coleta dos dados espectrais	double precision
espectro	Irradiancia	Irradiância Espectral Global (W/cm ² nm)	Sistema de coleta dos dados espectrais	double precision
irradianciaGlobal	irradGlob	Irradiância Global no topo da atmosfera (W/m ²)	Valor teórico calculado	double precision

Fonte: O Autor.

5.2 Software

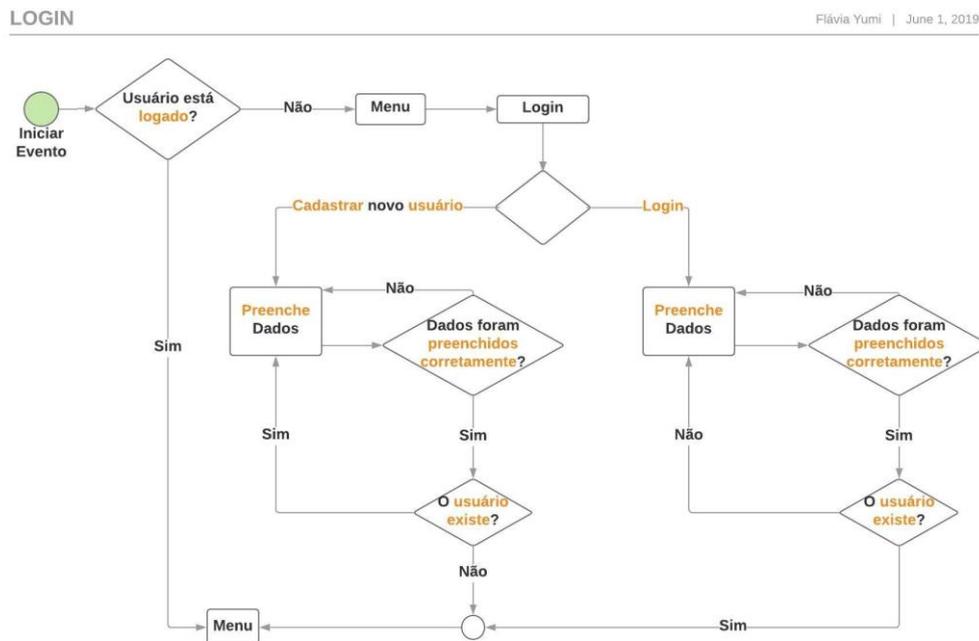
Manipular dados utilizando o SGBD PostgreSQL, necessita-se fazer uso da linguagem sql. Para que não fosse necessário o conhecimento prévio dela pelos pesquisadores, identificou-se a necessidade do desenvolvimento de um software onde a partir de sua interface gráfica os usuários possam realizar consultas, cadastros e outras operações sobre os dados armazenados no banco.

O software foi desenvolvido em Java, portanto qualquer computador que possua a Máquina Virtual do Java (JVM) consegue executar a aplicação.

5.2.1 Login e Cadastro de Usuários

Para ilustrar o funcionamento das funcionalidades do software, foram criados fluxogramas. A Figura 4 apresenta o fluxograma de login e de cadastro de usuários.

Figura 4 - Fluxograma do Login e Cadastro de Usuários



Fonte: O Autor.

Ao iniciar o software, ele irá verificar se o usuário está logado ou não, caso sim, será apresentado um menu na janela principal. Se o usuário não estiver logado, no menu existirá um botão que encaminha para a Tela de Login. Ao escolher ser encaminhado para a Tela de Login, o usuário poderá cadastrar um novo usuário ou então realizar o login.

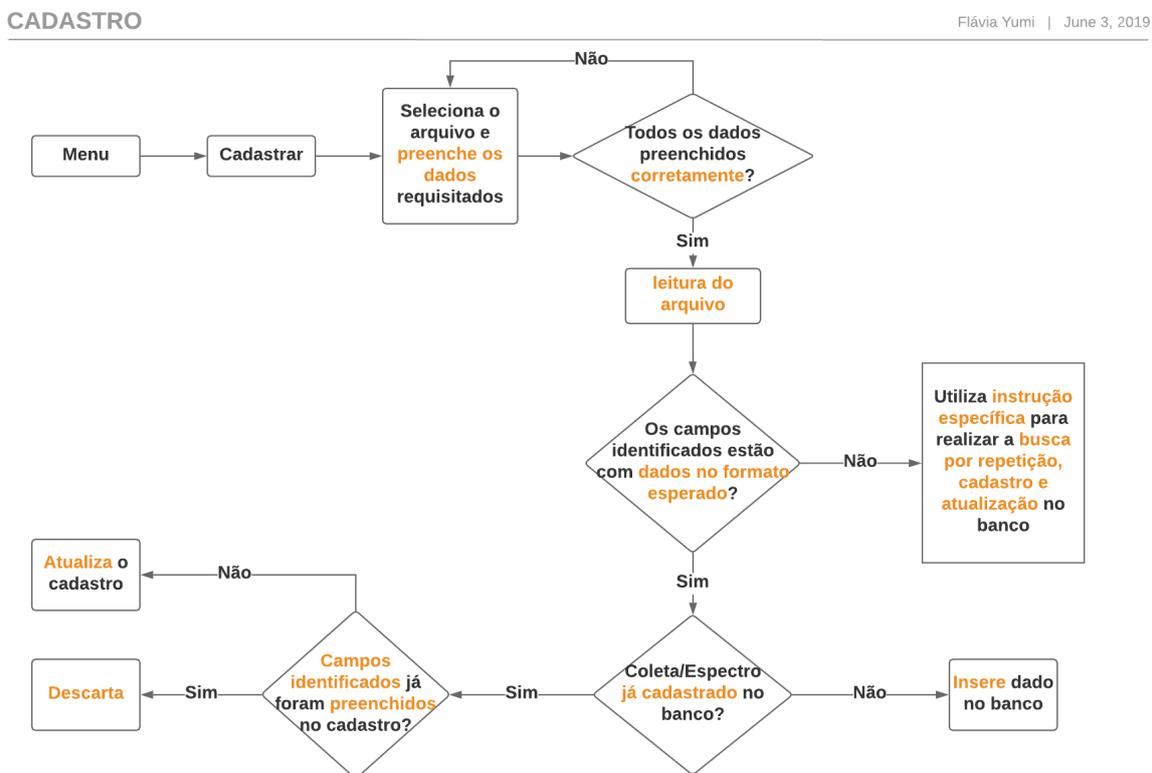
Na opção de cadastrar um novo usuário, o usuário deverá preencher todos os campos requisitados, que seriam o nome, o nome de usuário, a senha e a confirmação da senha escolhida. Após o clique no botão para cadastro, o software irá verificar se todos os campos foram preenchidos, em seguida se os valores para a senha são iguais e se eles são alfanuméricos com pelo menos 8 caracteres. Uma expressão regular (regex) foi utilizada para verificar se a senha é alfanumérica. Se os dados forem aceitos em todas as verificações, o programa irá fazer uma conexão com SGBD em que enviará uma consulta, também conhecida como query, para os cadastros que possuem o mesmo valor de usuário e senha. Caso algum valor seja retornado, então há um outro usuário com a mesma chave primária e, portanto, o cadastro não será efetivado. Mas se nenhum valor for retornado pela consulta, os dados serão salvos no banco e o usuário será encaminhado para o menu.

Na opção de fazer o login, o usuário deverá preencher os campos de usuário e senha. O software irá verificar se todos os campos foram preenchidos, se sim, o software irá enviar ao SGBD uma query consultando por usuários com mesmo valor de usuário e senha. Caso a consulta retorne algum valor, então o usuário existe e é realizado o login, caso contrário aparecerá uma mensagem ao usuário de que não há um cadastro com os dados fornecidos.

5.2.2 Cadastro de Arquivos

O fluxograma da Figura 5 apresenta o funcionamento do programa quando o usuário for cadastrar um arquivo.

Figura 5 - Fluxograma do Cadastro de Arquivos



Fonte: O Autor.

Por meio da Tela de Menu, o usuário tem acesso à Tela de Cadastro. Dependendo do arquivo a ser inserido, há diferentes campos em que o usuário deve preencher manualmente. Ao confirmar o cadastro de um arquivo, o software irá verificar se todos os campos foram preenchidos corretamente, se sim, o arquivo será lido. Durante a leitura é verificado quais campos estão disponíveis e quais dados possuem o valor e se eles estão no formato esperado.

No caso de acontecer que o campo referente a chave primária não seja identificado, o usuário será informado e a leitura desse arquivo será finalizada. Porém se os campos da chave primária e outros forem identificados, porém para determinados cadastros alguns valores não forem informados, valores esses que não fazem parte da chave primária, então esses cadastros serão inseridos de forma diferenciadas. Para cada um desses cadastros serão

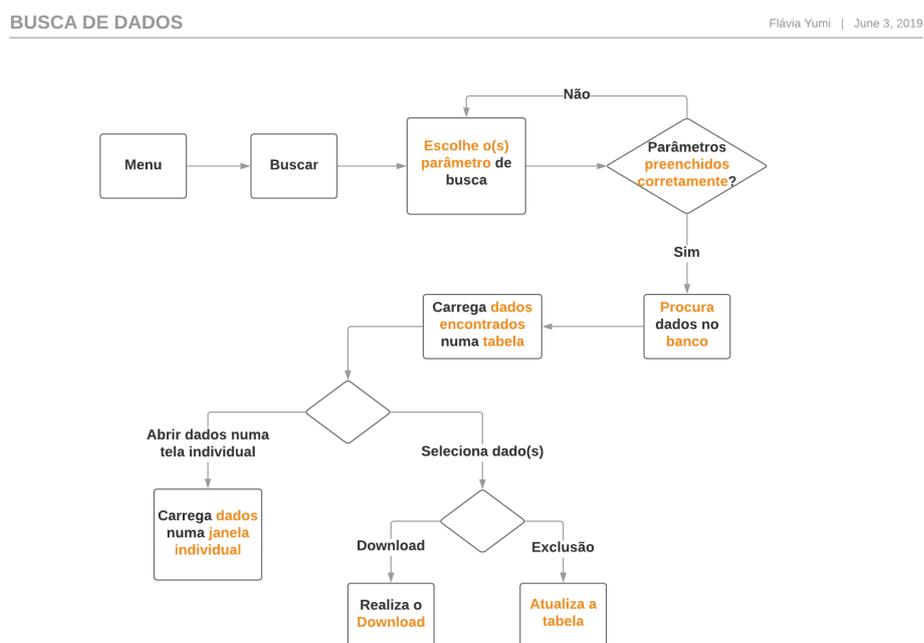
formadas queries específicas para verificar se os dados já foram cadastrados no banco e para inseri-los caso não tenham sido. Os cadastros que tiverem todos valores para os campos identificados serão consultados no banco, para verificar se já foram inseridos.

Os cadastros que não forem repetições serão inseridos em lotes (batches) no banco de dados enquanto que para os demais, que já possuem a chave primária cadastrada, será verificado se os campos identificados já foram preenchidos no banco ou não e, caso não tenham sido, os cadastros serão atualizados.

5.2.3 Visualização de Dados

Os dados inseridos no banco, podem ser consultados no software desenvolvido. Por meio dos componentes presentes na tela de busca, o usuário pode informar quais os parâmetros que deseja filtrar os dados da tabela “coleta” a serem buscados pelo SBGD no banco. Um dos filtros, pode ser uma data específica ou um valor máximo de temperatura de um dos módulos. A Figura 6 apresenta o comportamento do software nessa operação.

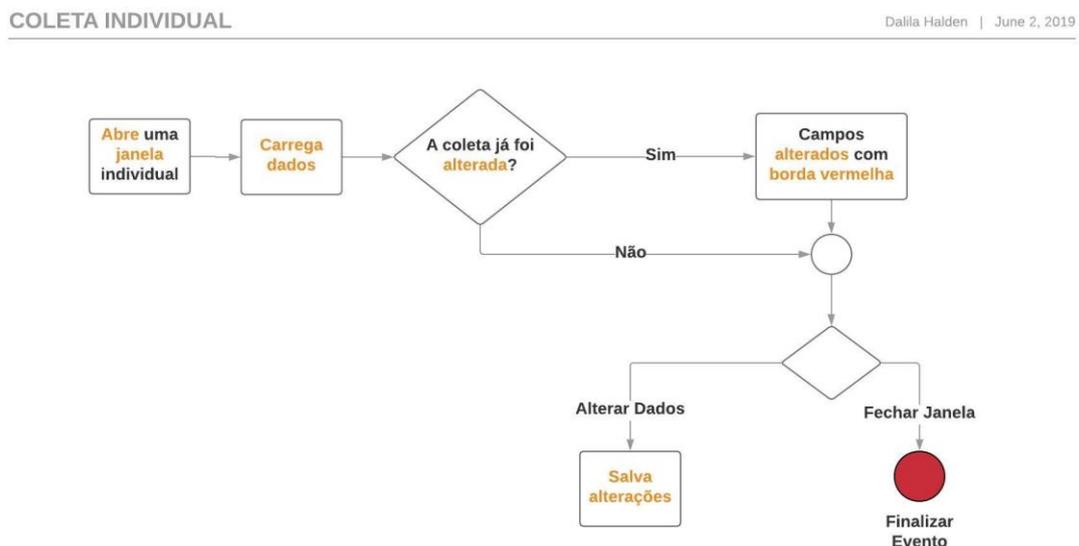
Figura 6 - Fluxograma da Busca por Cadastros



Fonte: O Autor.

Após o usuário escolher os parâmetros a serem utilizados na busca, o software irá verificar se eles foram preenchidos corretamente, se sim, irá procurar no banco por cadastros de acordo com os filtros escolhidos. Os dados retornados pelo SGBD serão carregados numa tabela, no qual o usuário pode selecionar os cadastros para fazer o download ou exclusão de dados ou, então, pode abrir o cadastro numa nova janela. O arquivo gerado para o download é de extensão “.csv”, onde possui em cada linha uma coleta com seus valores separados por vírgulas. Mas se o usuário escolher abrir os dados numa janela individual, o funcionamento do software seguirá o fluxograma da Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma da Visualização de uma Coleta Individualmente



Fonte: O Autor.

Ao selecionar o cadastro para abrir numa nova janela individualmente, os dados serão carregados em caixas de texto. Uma *query* para consulta de quais dados já foram alterados será criada e enviada ao SGBD. Os campos que retornarem da consulta como alterados terão a caixa de texto com borda vermelha para sinalizar o usuário da modificação prévia do valor.

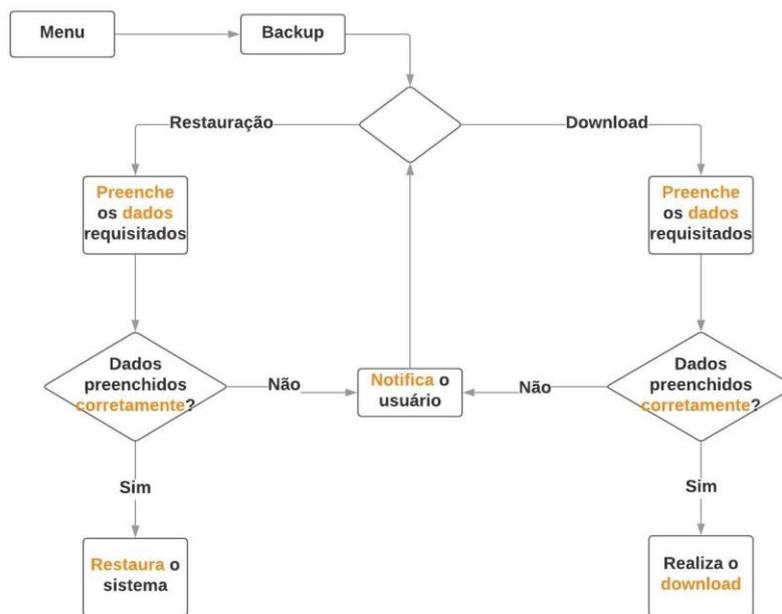
O usuário pode editar os valores das caixas de texto, caso deseje salvar essas alterações, haverá um botão para essa operação. O clique no botão irá

atualizar os valores do cadastro na tabela “coleta” pelos novos e salvar se necessário, novos cadastros na tabela “alteracaoColeta”.

5.2.4 Backup e Restauração

Uma cópia de segurança dos dados armazenado pode ser obtida por meio do software desenvolvido. No menu há uma opção que direciona para uma tela em que o usuário pode realizar o download do arquivo de backup ou então restaurar o sistema utilizando um desses arquivos. Essa funcionalidade está detalhada no fluxograma da Figura 8.

Figura 8 - Fluxograma da Visualização de uma Coleta Individualmente



Fonte: O Autor.

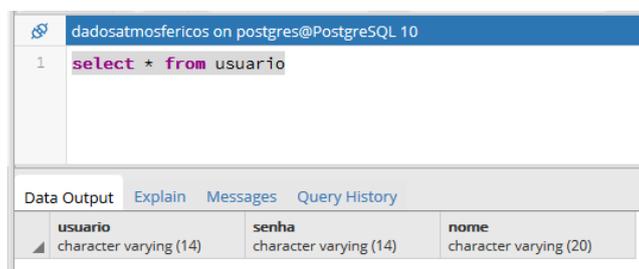
6 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos pelo funcionamento das diferentes funções do sistema desenvolvido no projeto.

6.1 Cadastro de Usuários

Na Figura 9 temos o resultado apresentado no programa pgAdmin pela consulta direta no banco de dados acerca de todos os cadastros na entidade “usuario”. Como nenhum cadastro foi retornado, conclui-se que a tabela está vazia.

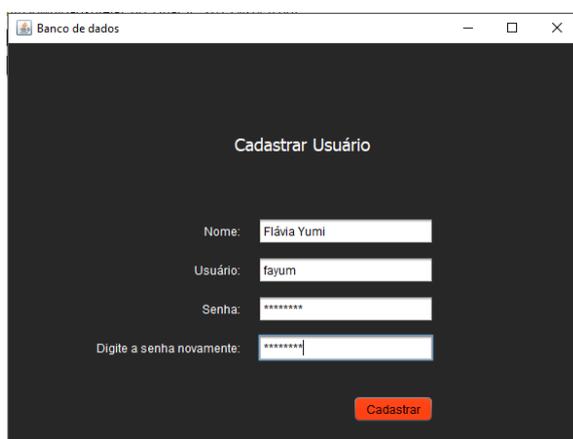
Figura 9 – Tabela “usuario” sem cadastros



Fonte: O Autor.

Em seguida, ao preencher os campos no software para o cadastro de um novo usuário, na Figura 10, tem-se a inserção de novos dados no banco na entidade “usuario”, como pode ser observado na Figura 11.

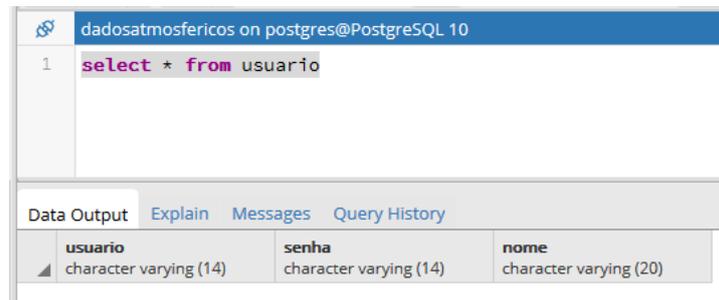
Figura 10 – Inserção de dados no software



The screenshot shows a web application window titled 'Banco de dados'. The main heading is 'Cadastrar Usuário'. There are four input fields: 'Nome' with the value 'Flávia Yumi', 'Usuário' with the value 'fayum', 'Senha' with masked characters '*****', and 'Digite a senha novamente:' with masked characters '*****'. A red 'Cadastrar' button is located at the bottom right.

Fonte: O Autor.

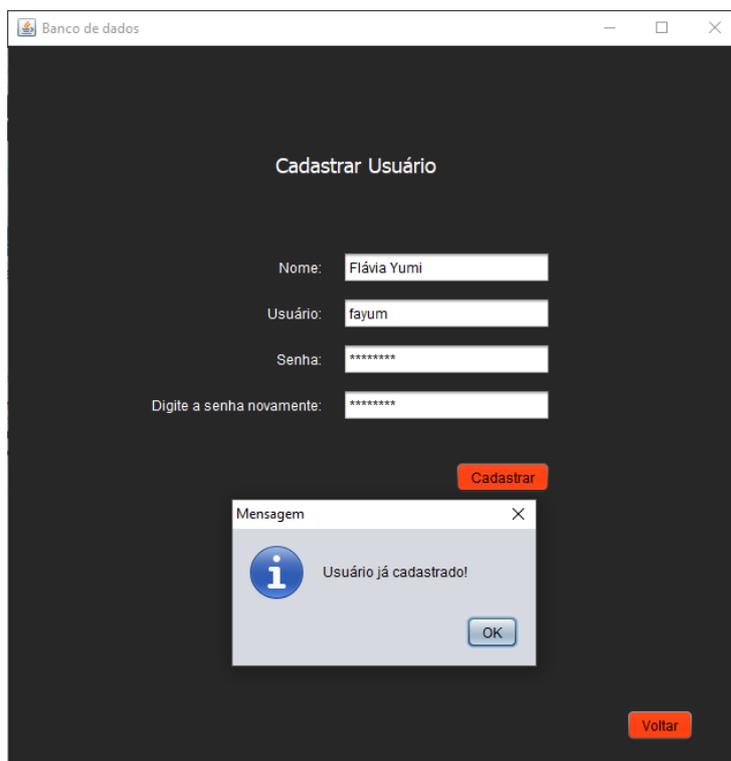
Figura 11 – Tabela “usuario” com dado cadastrado



Fonte: O Autor.

Ao tentar realizar um novo cadastro com os mesmos dados da inserção anterior, pode-se observar na Figura 12 que a busca no banco localizou que o usuário não pode ser cadastrado e, portanto, uma mensagem informando o usuário sobre o problema é exibida na tela.

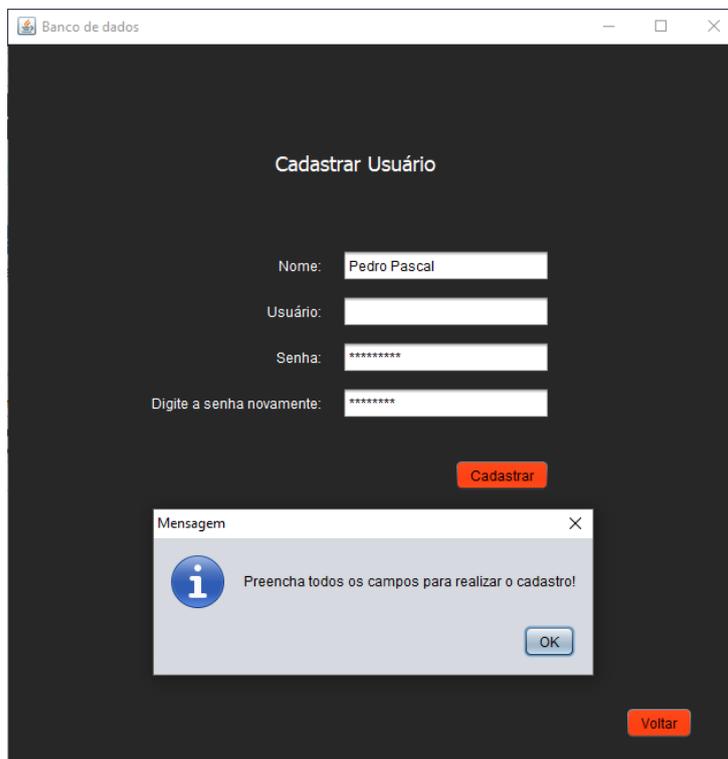
Figura 12 – Cadastro com dados já inseridos no banco



Fonte: O Autor.

Na Figura 13 tem-se o resultado de uma tentativa de cadastro com campos não preenchidos, nela o software detectou que há valores faltantes e assim exibe uma mensagem para que sejam completados.

Figura 13 – Cadastro com dados faltantes

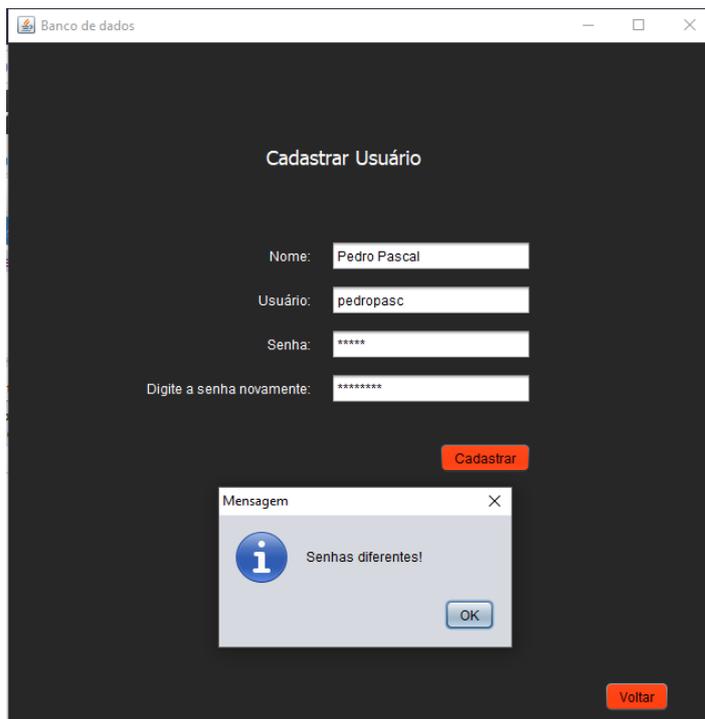


Fonte: O Autor.

No cenário da Figura 14 todos os campos foram preenchidos, mas os valores de senha são diferentes. Assim o cadastro não deve ser realizado e conseqüentemente uma mensagem avisando ao usuário para que corrija a diferença é exibida.

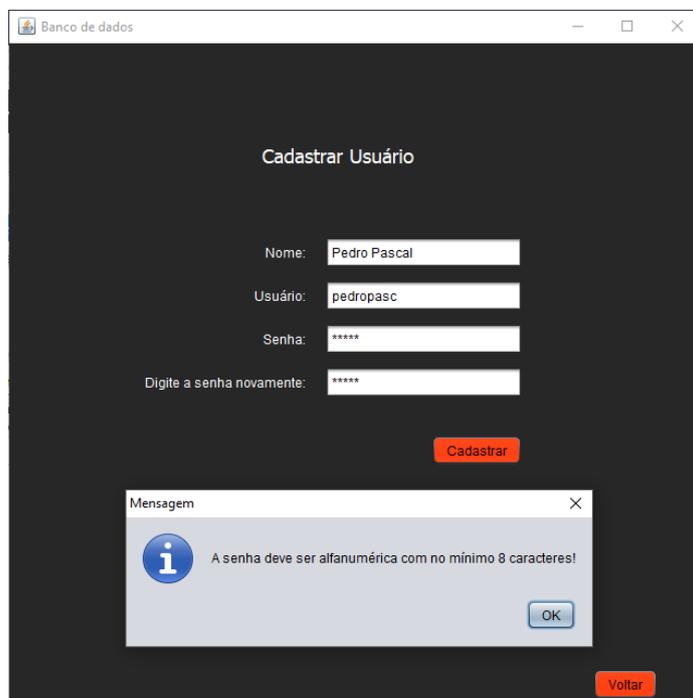
Já no cenário da Figura 15, as senhas são iguais, porém não é alfanumérica e nem possui 8 caracteres. Como o software constatou essa peculiaridade, exibe uma mensagem avisando qual deve ser o formato da senha.

Figura 14 – Cadastro com senhas diferentes



Fonte: O Autor.

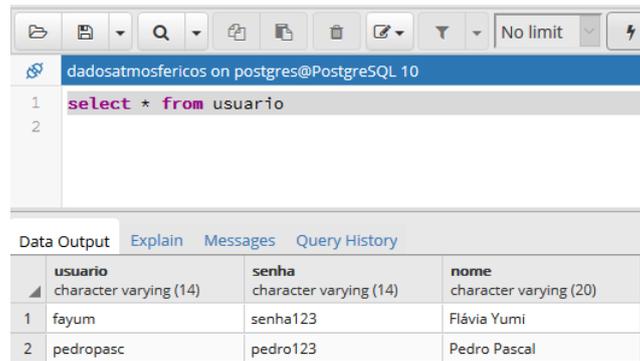
Figura 15 – Cadastro com senha não alfanumérica e com menos de 8 caracteres



Fonte: O Autor.

Se a senha for alterada para uma com no mínimo 8 caracteres e for alfanumérica, mais um cadastro deve ser inserido na tabela “usuario” como demonstra a Figura 16.

Figura 16 – Tabela “usuario” com dois usuários cadastrados



The screenshot shows a PostgreSQL query tool interface. The query editor contains the following SQL query:

```
1 select * from usuario
2
```

The results are displayed in a table with the following columns: usuario, senha, and nome.

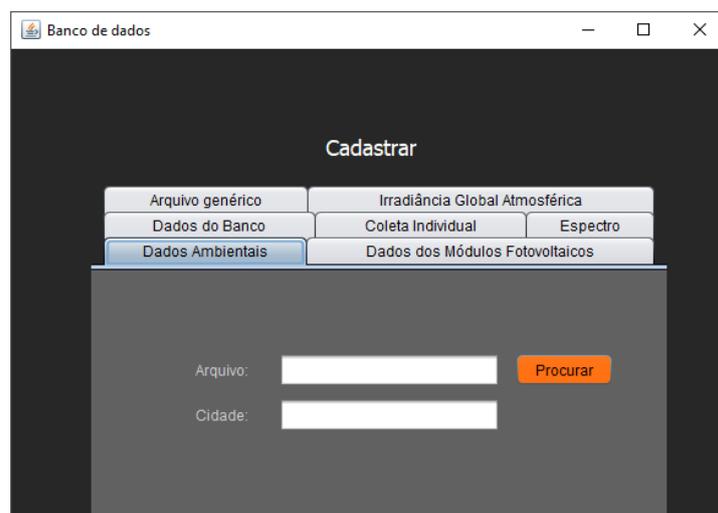
	usuario	senha	nome
1	fayum	senha123	Flávia Yumi
2	pedropasc	pedro123	Pedro Pascal

Fonte: O Autor.

6.2 Cadastro de Dados

Ao abrir a tela de cadastros, o usuário pode escolher entre os diferentes tipos de arquivo que deseja cadastrar ou então se deseja fazer um cadastro manual de dados, como apresentado pela Figura 17 Nas próximas subseções será apresentado como o software atua em cada ocasião.

Figura 17 – Opções de Cadastros



The screenshot shows a web application interface titled "Banco de dados" with a "Cadastrar" section. The interface includes several buttons for selecting data types: "Arquivo genérico", "Irradiância Global Atmosférica", "Dados do Banco", "Coleta Individual", "Espectro", "Dados Ambientais", and "Dados dos Módulos Fotovoltaicos". Below these buttons, there are input fields for "Arquivo:" and "Cidade:", and a "Procurar" button.

Fonte: O Autor.

6.2.1 Arquivo com Dados para Coleta

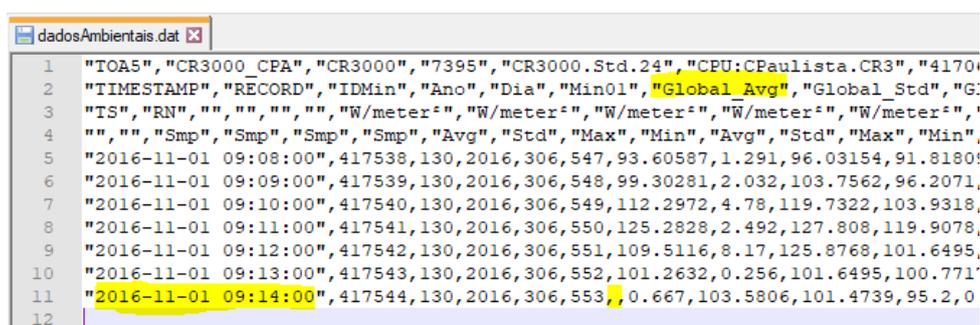
A busca na entidade “coleta” da Figura 18, certifica que ainda não há dados inseridos nessa tabela. Na tentativa de cadastrar o arquivo da Figura 19, pode-se observar que todos os seus dados foram inseridos como é exibido pelo retorno na busca pelos dados da tabela “coleta” na Figura 20.

Figura 18 – Tabela “coleta” sem dados cadastrados



Fonte: O Autor.

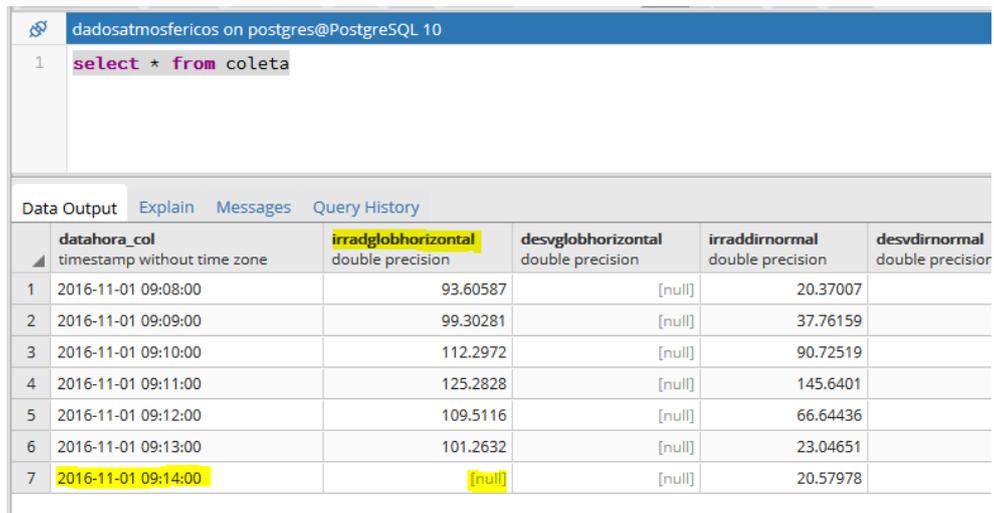
Figura 19 – Arquivo do com dados para cadastros



Fonte: O Autor.

O arquivo da Figura 19 possui todos os campos esperados por um arquivo desse tipo corretamente identificados no cabeçalho e, também, na coleta do dia 11 de novembro de 2016 e hora 09:14:00 o campo referente a Irradiância Global Horizontal está com valor faltante. Como pode-se observar na Figura 20, o valor desse campo para esse cadastro no banco, tem valor nulo. Logo o arquivo foi cadastrado da maneira esperada.

Figura 20 – Tabela “coleta” após o cadastro de dados do arquivo



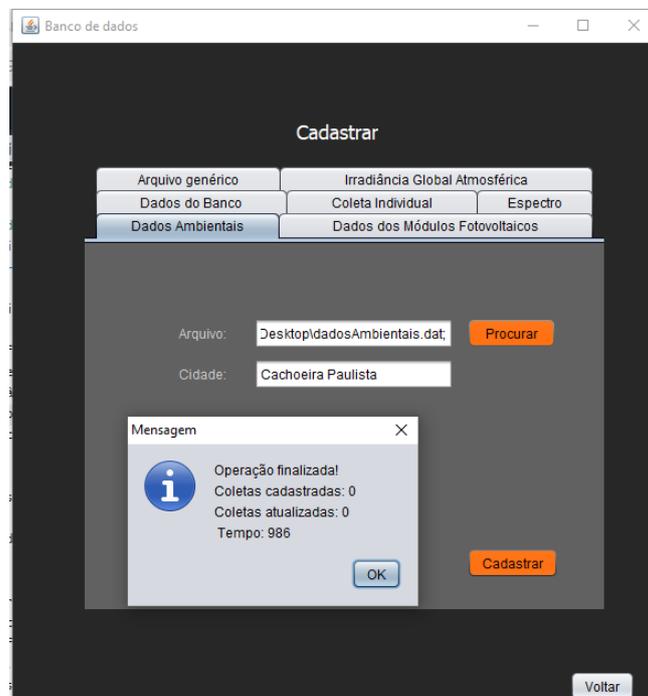
The screenshot shows a PostgreSQL query window with the following SQL command: `select * from coleta`. The results are displayed in a table with the following columns: `datahora_col` (timestamp without time zone), `irradglobhorizontal` (double precision), `desvglobhorizontal` (double precision), `irraddirnormal` (double precision), and `desvdinormal` (double precision). The data rows are as follows:

	datahora_col	irradglobhorizontal	desvglobhorizontal	irraddirnormal	desvdinormal
1	2016-11-01 09:08:00	93.60587	[null]	20.37007	
2	2016-11-01 09:09:00	99.30281	[null]	37.76159	
3	2016-11-01 09:10:00	112.2972	[null]	90.72519	
4	2016-11-01 09:11:00	125.2828	[null]	145.6401	
5	2016-11-01 09:12:00	109.5116	[null]	66.64436	
6	2016-11-01 09:13:00	101.2632	[null]	23.04651	
7	2016-11-01 09:14:00	[null]	[null]	20.57978	

Fonte: O Autor.

Se o usuário tentar cadastrar novamente o mesmo arquivo com os mesmos dados, nada deve ser inserido, afinal são dados duplicados. A Figura 21, mostra que nessa situação nenhum novo dado foi inserido ao banco.

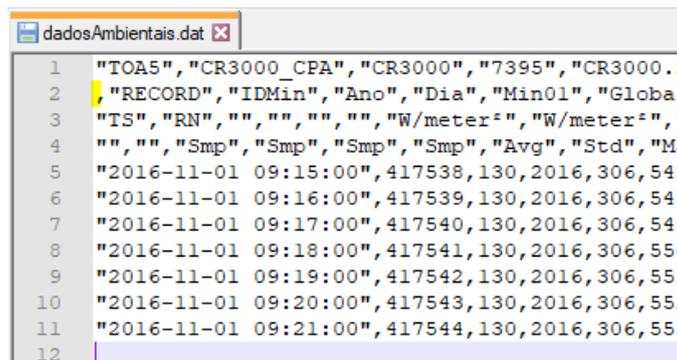
Figura 21 – Cadastro com valores repetidos na tabela “coleta”



Fonte: O Autor.

A Figura 22 representa outro arquivo, mas com o cabeçalho sem o campo “TIMESTAMP”, que é utilizado para identificar onde está o valor de data e hora de cada coleta. A chave primária da entidade “coleta” é formada por esses valores, desse modo o arquivo não deve ter os dados inseridos no banco. A Figura 23 apresenta o resultado do software a essa tentativa de cadastro.

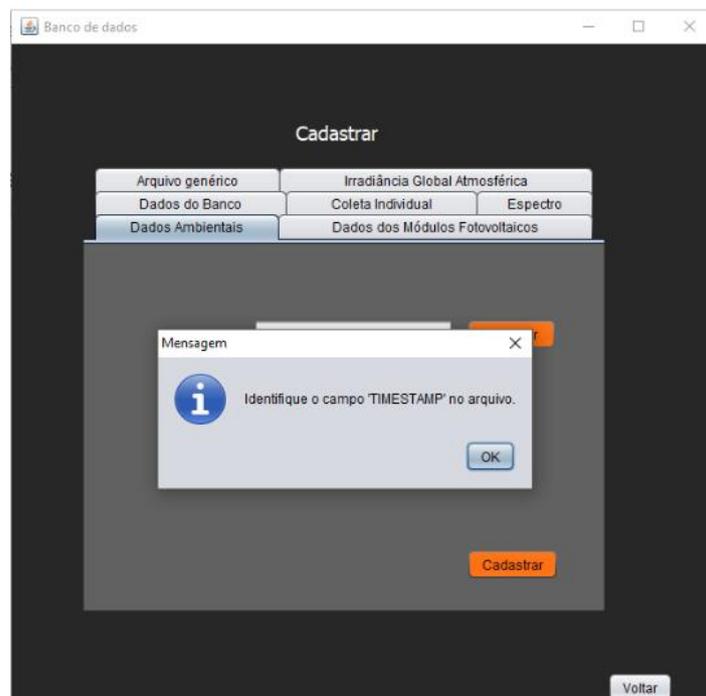
Figura 22 – Arquivo sem a identificação para o campo “TIMESTAMP”



```
1 "TOA5", "CR3000_CPA", "CR3000", "7395", "CR3000.:
2 "RECORD", "IDMin", "Ano", "Dia", "Min01", "Globa
3 "TS", "RN", "", "", "", "", "W/meter²", "W/meter²",
4 "", "", "Smp", "Smp", "Smp", "Smp", "Avg", "Std", "M
5 "2016-11-01 09:15:00", 417538, 130, 2016, 306, 54
6 "2016-11-01 09:16:00", 417539, 130, 2016, 306, 54
7 "2016-11-01 09:17:00", 417540, 130, 2016, 306, 54
8 "2016-11-01 09:18:00", 417541, 130, 2016, 306, 55
9 "2016-11-01 09:19:00", 417542, 130, 2016, 306, 55
10 "2016-11-01 09:20:00", 417543, 130, 2016, 306, 55
11 "2016-11-01 09:21:00", 417544, 130, 2016, 306, 55
12
```

Fonte: O Autor.

Figura 23 – Cadastro do arquivo sem o campo “TIMESTAMP”



Fonte: O Autor.

A Figura 24 apresenta quais são as coletas cadastradas no banco, que corretamente são somente aquelas do arquivo da Figura 19.

Figura 24 – Tabela “coleta” após a tentativa de cadastro do arquivo sem o campo “TIMESTAMP” identificado

	datahora_col timestamp without time zone	irradiaglobhorizontal double precision	desvglobhorizontal double precision	irraddinormal double precision
1	2016-11-01 09:08:00	93.60587	[null]	20.37007
2	2016-11-01 09:09:00	99.30281	[null]	37.76159
3	2016-11-01 09:10:00	112.2972	[null]	90.72519
4	2016-11-01 09:11:00	125.2828	[null]	145.6401
5	2016-11-01 09:12:00	109.5116	[null]	66.64436
6	2016-11-01 09:13:00	101.2632	[null]	23.04651
7	2016-11-01 09:14:00	[null]	[null]	20.57978

Fonte: O Autor.

6.2.2 Arquivo com Dados Espectrais

Um arquivo de dados espectrais ao ser inserido no banco pelo software, primeiramente será analisado se há uma coleta com o mesmo valor de data, hora e cidade. Se possui, os dados espectrais serão lidos e cadastrados, caso contrário uma coleta com o mesmo valor de data, hora e cidade será inserido no banco, além dos dados espectrais. A Figura 25 apresenta um arquivo de dados espectrais, a Figura 26 o cadastro por meio do software para esse arquivo, as Figuras 27 e 28 o resultado do SGBD para a consulta sobre todos os dados espectrais antes e depois da inserção respectivamente.

Como não existia uma coleta correspondente para esse espectro, uma foi cadastrada automaticamente, como se vê pelo resultado da pesquisa para todos os cadastros na entidade “coleta” para a cidade “São José dos Campos” na Figura 29.

Figura 25 – Arquivo com dados espectrais

```
1
2 Integration time: 250 ms
3 Average: 1 scans
4 Nr of pixels used for smoothing: 0
5 Data measured with spectrometer serial number: 0606055S1
6 Wave ;Dark ;Ref ;Sample ;Absolute Irradiance ;Photon Counts
7 [nm] ;[counts] ;[counts] ;[counts] ;[µWatt/cm²/nm] ;[µMol/s/m²/nm]
8 176,90;0;1,000E+10;-32,000;-6,400E-8;-9,462E-10
9 177,49;0;1,000E+10;-9,7500;-1,950E-8;-2,893E-10
10 178,09;0;1,000E+10;-19,000;-3,800E-8;-5,656E-10
11 178,69;0;1,000E+10;-18,750;-3,750E-8;-5,600E-10
12 179,28;0;1,000E+10;-59,000;-1,180E-7;-1,768E-9
13 179,88;0;1,000E+10;-26,750;-5,350E-8;-8,043E-10
14 180,48;0;1,000E+10;16,000;3,200E-8;4,827E-10
15 181,07;0;1,000E+10;-53,750;-1,075E-7;-1,627E-9
16 181,67;0;1,000E+10;60,000;1,200E-7;1,818E-9
```

Fonte: O Autor.

Figura 26 – Cadastro do arquivo com dados espectrais

The screenshot shows a software window titled "Banco de dados" with a "Cadastrar" (Register) form. The form has a grid of buttons at the top: "Dados Ambientais", "Dados dos Módulos Fotovoltaicos", "Arquivo genérico", "Irradiância Global Atmosférica", "Dados do Banco", "Coleta Individual", and "Espectro". The "Espectro" button is selected. Below the buttons are input fields for "Arquivo:" (containing "ents\arquivosTeste\espectro.tit"), "Data:" (containing "18/07/2019"), "Hora:" (containing "13:49:00"), and "Cidade:" (containing "São José dos Campos"). There are "Procurar" and "Cadastrar" buttons. A "Mensagem" dialog box is overlaid on the form, displaying an information icon and the text "Cadastro feito com sucesso!" with an "OK" button. A "Voltar" button is located at the bottom right of the main window.

Fonte: O Autor.

Figura 27 – Tabela “espectro” antes do cadastro

The screenshot shows a PostgreSQL query window with the following SQL query: `select * from espectro`. Below the query, the table structure is displayed:

	datahora_espec	cidade	componda
	timestamp without time zone	character varying (30)	double precision

Fonte: O Autor.

Figura 28 – Tabela “espectro” após do cadastro

The screenshot shows the same PostgreSQL query window with the query `select * from espectro`. The table structure now includes a fourth column, and four rows of data are displayed:

	datahora_espec	cidade	componda	irradiancia
	timestamp without time zone	character varying (30)	double precision	double precision
1	2019-07-18 13:49:00	São José dos Campos	176.9	-6.4e-008
2	2019-07-18 13:49:00	São José dos Campos	177.49	-1.95e-008
3	2019-07-18 13:49:00	São José dos Campos	178.09	-3.8e-008
4	2019-07-18 13:49:00	São José dos Campos	178.69	-3.75e-008

Fonte: O Autor.

Figura 29 – Tabela “coleta” após do cadastro do espectro

The screenshot shows a PostgreSQL query window with the following SQL query: `select * from coleta where cidade = 'São José dos Campos'`. The table structure is displayed below:

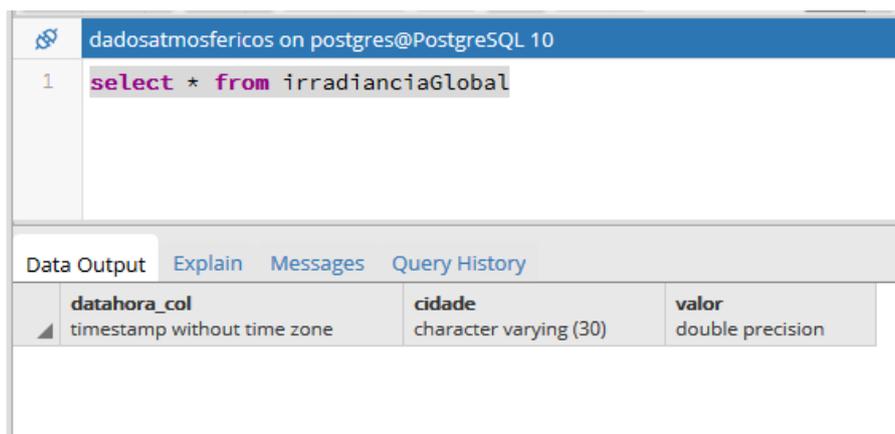
	datahora_col	irradglobhorizontal	desvglobhorizontal	in d
	timestamp without time zone	double precision	double precision	
1	2019-07-18 13:49:00	[null]	[null]	

Fonte: O Autor.

6.2.3 Arquivo com dados da Irradiância Global no Topo da Atmosfera

A Figura 30 apresenta o resultado do SGBD sobre a requisição de todos os dados cadastrados na entidade “irradianciaGlobal”. Como nenhum dado é retornado, não há cadastros inseridos ainda.

Figura 30 – Tabela “irradianciaGlobal” vazia



Fonte: O Autor.

Ao inserir o arquivo da Figura 31, para a cidade de Cachoeira Paulista, pode-se observar pela Figura 32 que todos os seus dados foram inseridos com sucesso na entidade “irradianciaGlobal”.

Figura 31 – Arquivo com dados da irradiância global no topo da atmosfera

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	IRRADIÂNCIA EM W/m2														
2	DATA	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
3	1	1250,973	1233,29	1172,507	1047,622	902,6473	789,3887	767,2275	844,2118	980,8186	1112,351	1203,933	1242,126		
4	2	1251,009	1232,013	1169,376	1042,827	897,9714	787,1664	768,3056	848,1658	985,6236	1116,107	1206	1242,851		
5	3	1250,911	1231,031	1166,769	1038,721	893,4109	784,8694	769,3824	851,8758	990,1763	1119,897	1207,912	1243,431		
6	4	1250,798	1229,266	1162,783	1033,432	888,9679	782,7938	770,6117	855,94	994,9081	1123,639	1209,788	1243,989		
7	5	1250,682	1227,826	1159,505	1028,621	884,5063	780,716	771,9929	859,8479	999,6028	1127,22	1211,709	1244,527		
8	6	1250,428	1226,234	1156,106	1023,77	880,1157	778,7892	773,3722	863,7904	1004,26	1130,79	1213,438	1245,058		
9	7	1250,278	1224,689	1152,542	1018,88	875,7567	777,0943	774,9025	867,9431	1008,88	1134,387	1215,136	1245,571		
10	8	1250,109	1222,95	1149,042	1013,949	871,5215	775,3177	776,5831	872,0774	1013,461	1137,862	1216,801	1246,066		
11	9	1249,814	1221,215	1145,378	1009,095	867,1294	773,7734	778,3413	876,1933	1018,216	1141,29	1218,4	1246,557		
12	10	1249,497	1219,48	1141,778	1004,203	863,0928	772,3819	780,1685	880,5174	1022,828	1144,672	1219,969	1246,285		
13	11	1249,158	1217,63	1137,935	999,3755	858,8111	770,9893	782,2249	884,8669	1027,293	1148,006	1221,475	1247,373		
14	12	1248,916	1215,698	1134,234	994,4105	854,888	769,7502	784,1967	889,0598	1031,823	1151,293	1222,954	1247,82		
15	13	1248,544	1213,681	1130,372	989,5289	850,7208	768,431	786,3969	893,4581	1036,522	1154,533	1224,374	1248,134		
16	14	1248,025	1211,67	1126,377	984,4928	846,9153	767,579	788,7437	897,8763	1040,969	1157,659	1225,767	1248,446		
17	15	1247,598	1209,523	1122,528	979,5426	842,9528	766,6475	791,0856	902,3634	1045,374	1160,689	1226,986	1248,747		
18	16	1247,159	1207,264	1118,433	974,7798	839,1825	765,7156	793,5727	906,7344	1049,943	1163,723	1228,274	1249,037		

Fonte: O Autor.

Figura 32 – Tabela “irradianciaGlobal” após o cadastro

The screenshot shows a PostgreSQL query window with the following SQL command: `select * from irradianciaGlobal`. The results are displayed in a table with the following columns: `datahora_col` (timestamp without time zone), `cidade` (character varying (30)), and `valor` (double precision). The data rows are as follows:

	<code>datahora_col</code> timestamp without time zone	<code>cidade</code> character varying (30)	<code>valor</code> double precision
1	2019-01-01 10:00:00	Cachoeira Paulista	1250.9731491917
2	2019-02-01 10:00:00	Cachoeira Paulista	1233.29048233791
3	2019-03-01 10:00:00	Cachoeira Paulista	1172.50670318745
4	2019-04-01 10:00:00	Cachoeira Paulista	1047.62169852781
5	2019-05-01 10:00:00	Cachoeira Paulista	902.647273180781
6	2019-06-01 10:00:00	Cachoeira Paulista	789.38870024872

Fonte: O Autor.

6.2.4 Cadastro Manual

Como no cadastro de uma coleta é necessário que seja informado somente os valores da chave primária, ou seja, que representam a data, hora e cidade, na Figura 33, somente esses valores que serão preenchidos no cadastro. Na Figura 34, temos que no banco esse cadastro foi realizado com sucesso.

Figura 33 – Cadastro manual por meio do software na tabela “coleta”

The screenshot shows a software window titled "Cadastro de Coleta". It contains several input fields for data entry. The "Data" field is filled with "18/07/2019" and the "Hora" field is filled with "14:33:00". The "Cidade" field is filled with "sê dos Campos". Other fields include "Irradiância Global Horizontal", "Irradiância Direta", "Radiação Difusa", "Umidade Ar.", "Temperatura Ar.", "Índice de Limpidez (KT)", "Desvio Padrão Irradiância Global Horizontal", "Desvio Padrão Irradiância Direta", "Desvio Padrão Radiação Difusa", "Pressão Ar.", "Corrente de Curto Circuito", "aSi", "micSi", "Desvio Padrão aSi", and "Desvio Padrão micSi".

Fonte: O Autor.

Figura 34 – Coleta manual cadastrada no banco de dados



The screenshot shows a PostgreSQL database interface. At the top, the connection is identified as 'dadosatmosfericos on postgres@PostgreSQL 10'. A query is entered in the editor: `select * from coleta where cidade= 'São José dos Campos'`. Below the editor, there are tabs for 'Data Output', 'Explain', 'Messages', and 'Query History'. The 'Data Output' tab is active, displaying a table with the following data:

	datahora_col timestamp without time zone	irradglobhorizontal double precision	desvglobhorizontal double precision	irradir double
1	2019-07-18 13:49:00	[null]	[null]	
2	2019-07-18 14:33:00	[null]	[null]	

Fonte: O Autor.

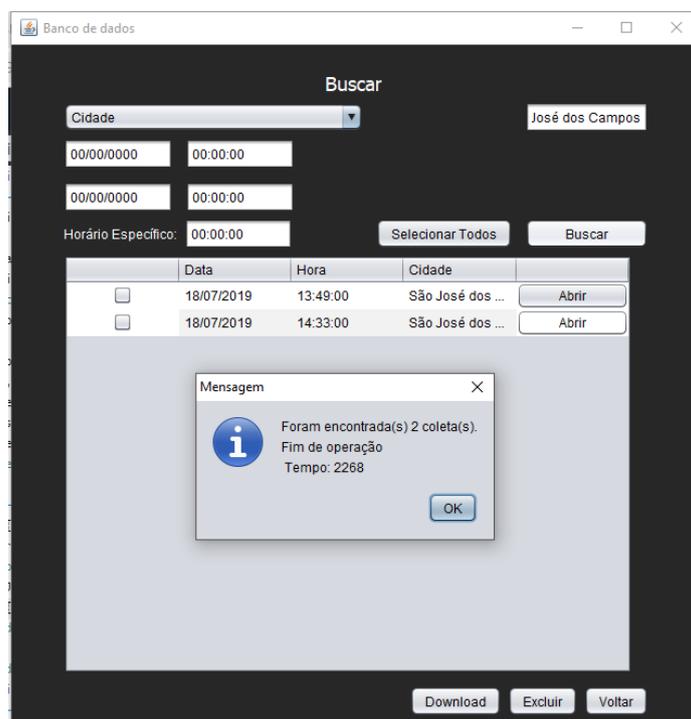
6.3 Visualização de Dados pelo Software

Todos os dados cadastrados no banco de dados do projeto podem ser visualizados no software desenvolvido.

6.3.1 Busca por Dados

Os dados da tabela coleta, serão consultados na Tela de Busca. Na Figura 35, tem-se a busca por todos os cadastrados com valor, no campo que indica a cidade, "São José dos Campos". Como na seção anterior somente dois cadastros aconteceram para essa cidade, dois valores devem ser retornados pelo SBGD para o software sobre essa consulta, exatamente como mostra a Figura 35.

Figura 35 – Busca no software por coletas cadastradas para “São José dos Campos”

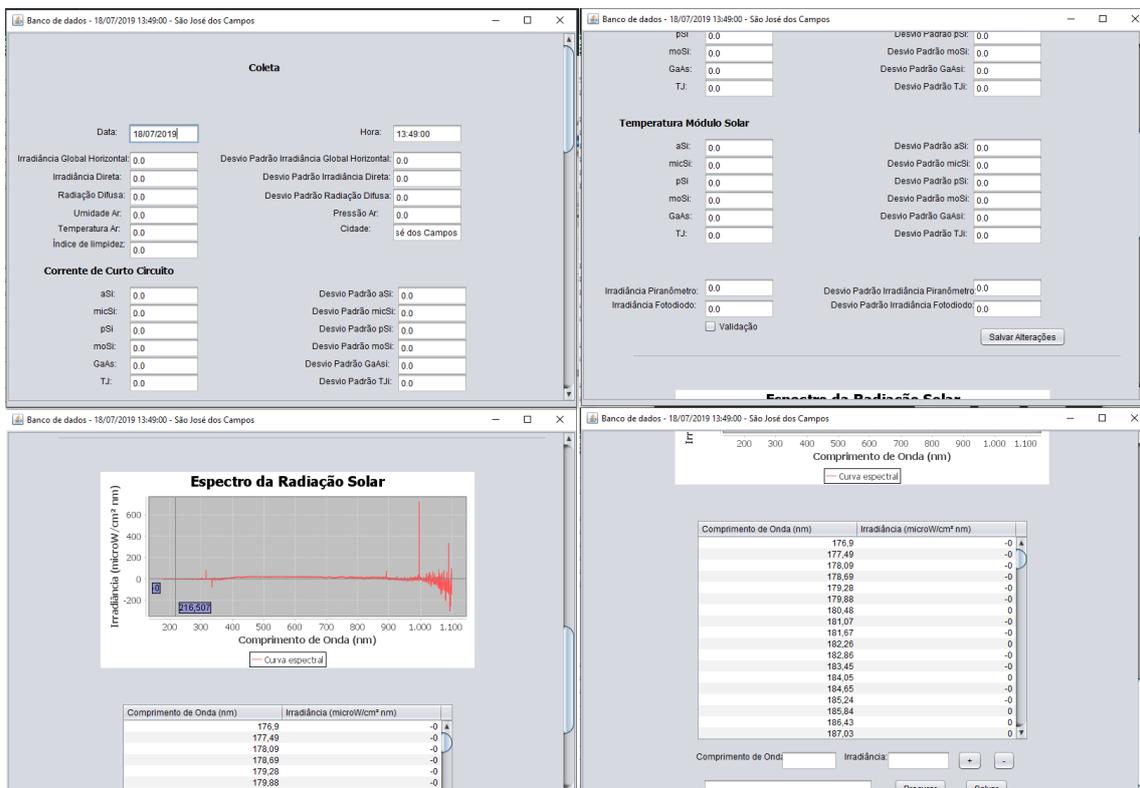


Fonte: O Autor.

6.3.2 Visualização de Dados Individualmente

Ao abrir a consulta cadastrada na subseção 6.2.2 numa janela individual, temos a apresentação de todos os valores cadastrados sobre essa coleta, que seriam somente a data, hora e cidade, além da curva espectral, como apresentado na Figura 36.

Figura 36 – Janela com todos os dados de uma coleta específica



Fonte: O Autor.

6.3.2.1 Alteração de Dados

A alteração de dados por meio do software, acontece nessa janela individual, como explicado na subseção 5.2.3. Ao preencher o campo da Irradiância Global Horizontal com o valor “93,60587” e salvar os dados, tem-se os seguintes resultados: na Figura 37 que o cadastro foi atualizado, na Figura 38 que a alteração foi cadastrada na entidade “alteracaoColeta” e na Figura 39 o campo possui uma borda vermelha indicando a modificação de seu valor original.

Figura 37 – Atualização no cadastro da coleta

The screenshot shows a PostgreSQL query editor window titled 'dadosatmosfericos on postgres@PostgreSQL 10'. The query is: `select * from coleta where datahora_col = '2019-07-18 13:49:00'`. Below the query, the 'Data Output' tab is active, displaying a table with the following data:

	datahora_col timestamp without time zone	irradglobhorizontal double precision	desvglobhorizontal double precision	irraddinorma double precision
1	2019-07-18 13:49:00	93.60587	[null]	

Fonte: O Autor.

Figura 38 – Cadastro da atualização no banco de dados

The screenshot shows a PostgreSQL query editor window titled 'dadosatmosfericos on postgres@PostgreSQL 10'. The query is: `select * from alteracaoColeta`. Below the query, the 'Data Output' tab is active, displaying a table with the following data:

	datahora_alt timestamp without time zone	cidade character varying (30)	campo character varying (25)	valororiginal character varying (25)
1	2019-07-18 13:49:00	São José dos Campos	IrradGlobHorizontal	0.0

Fonte: O Autor.

Figura 39 – Campo alterado notificado na janela individual

The screenshot shows a web application window titled 'Banco de dados - 18/07/2019 13:49:00 - São José dos Campos'. The main content area is titled 'Coleta' and contains a form with the following fields:

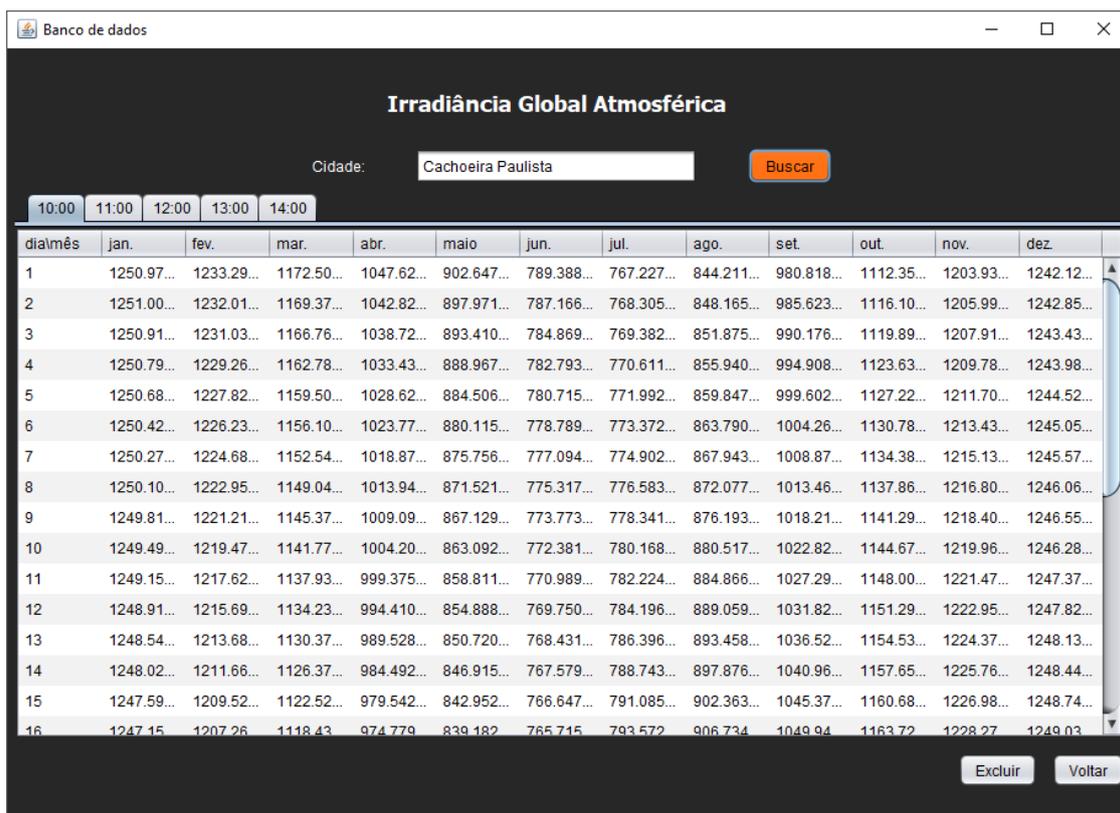
- Data: 18/07/2019
- Hora: 13:49:00
- Irradiância Global Horizontal: 93.60587 (highlighted with a red box)
- Desvio Padrão Irradiância Global Horizontal: 0,0
- Irradiância Direta: 0,0
- Desvio Padrão Irradiância Direta: 0,0
- Radiação Difusa: n n
- Desvio Padrão Radiação Difusa: n n

Fonte: O Autor.

6.3.3 Visualização de Dados de Irradiância Global no Topo da Atmosfera

Os dados de irradiância global no topo da atmosfera podem ser visualizados na Tela de Irradiância Global Atmosférica. Na Figura 40, estão os dados de irradiância de Cachoeira Paulista retornados pela busca no banco.

Figura 40 – Resultado da busca por dados de irradiância global no topo da atmosfera



Irradiância Global Atmosférica

Cidade:

10:00 11:00 12:00 13:00 14:00

dialmês	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
1	1250.97...	1233.29...	1172.50...	1047.62...	902.647...	789.388...	767.227...	844.211...	980.818...	1112.35...	1203.93...	1242.12...
2	1251.00...	1232.01...	1169.37...	1042.82...	897.971...	787.166...	768.305...	848.165...	985.623...	1116.10...	1205.99...	1242.85...
3	1250.91...	1231.03...	1166.76...	1038.72...	893.410...	784.869...	769.382...	851.875...	990.176...	1119.89...	1207.91...	1243.43...
4	1250.79...	1229.26...	1162.78...	1033.43...	888.967...	782.793...	770.611...	855.940...	994.908...	1123.63...	1209.78...	1243.98...
5	1250.68...	1227.82...	1159.50...	1028.62...	884.506...	780.715...	771.992...	859.847...	999.602...	1127.22...	1211.70...	1244.52...
6	1250.42...	1226.23...	1156.10...	1023.77...	880.115...	778.789...	773.372...	863.790...	1004.26...	1130.78...	1213.43...	1245.05...
7	1250.27...	1224.68...	1152.54...	1018.87...	875.756...	777.094...	774.902...	867.943...	1008.87...	1134.38...	1215.13...	1245.57...
8	1250.10...	1222.95...	1149.04...	1013.94...	871.521...	775.317...	776.583...	872.077...	1013.46...	1137.86...	1216.80...	1246.06...
9	1249.81...	1221.21...	1145.37...	1009.09...	867.129...	773.773...	778.341...	876.193...	1018.21...	1141.29...	1218.40...	1246.55...
10	1249.49...	1219.47...	1141.77...	1004.20...	863.092...	772.381...	780.168...	880.517...	1022.82...	1144.67...	1219.96...	1246.28...
11	1249.15...	1217.62...	1137.93...	999.375...	858.811...	770.989...	782.224...	884.866...	1027.29...	1148.00...	1221.47...	1247.37...
12	1248.91...	1215.69...	1134.23...	994.410...	854.888...	769.750...	784.196...	889.059...	1031.82...	1151.29...	1222.95...	1247.82...
13	1248.54...	1213.68...	1130.37...	989.528...	850.720...	768.431...	786.396...	893.458...	1036.52...	1154.53...	1224.37...	1248.13...
14	1248.02...	1211.66...	1126.37...	984.492...	846.915...	767.579...	788.743...	897.876...	1040.96...	1157.65...	1225.76...	1248.44...
15	1247.59...	1209.52...	1122.52...	979.542...	842.952...	766.647...	791.085...	902.363...	1045.37...	1160.68...	1226.98...	1248.74...
16	1247.15...	1207.26...	1118.43...	974.779...	839.182...	765.715...	793.572...	906.734...	1049.94...	1163.72...	1228.27...	1249.03...

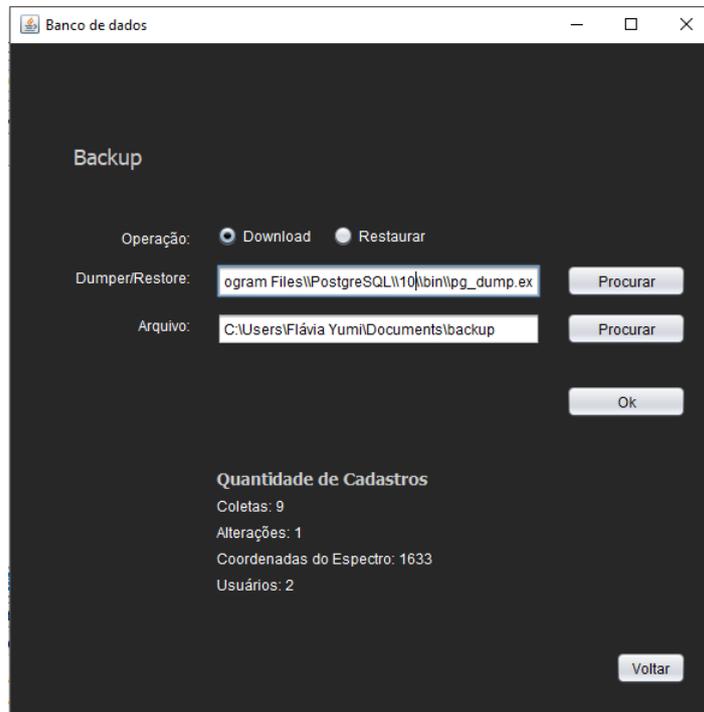
Fonte: O Autor.

6.4 Backup e Restauração

A Figura 41 mostra a Tela de Backup e Restauração, nela estão as diferentes quantidades de dados que cada entidade possui. Nesta tela também está sendo realizado um backup, o nome do arquivo salvo é “backup”.

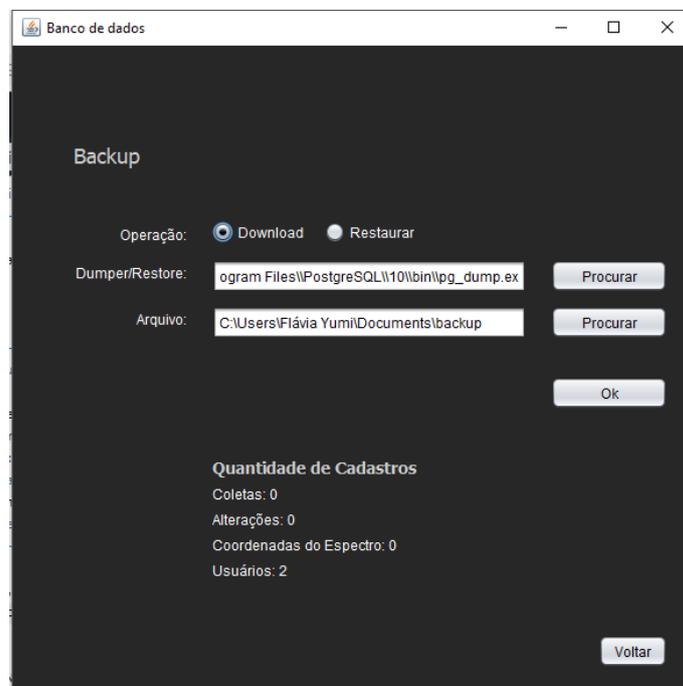
Em seguida, todos os dados, menos os da entidade “usuario”, serão deletados, como mostra a Figura 42.

Figura 41 – Tela de Backup e Restauração



Fonte: O Autor.

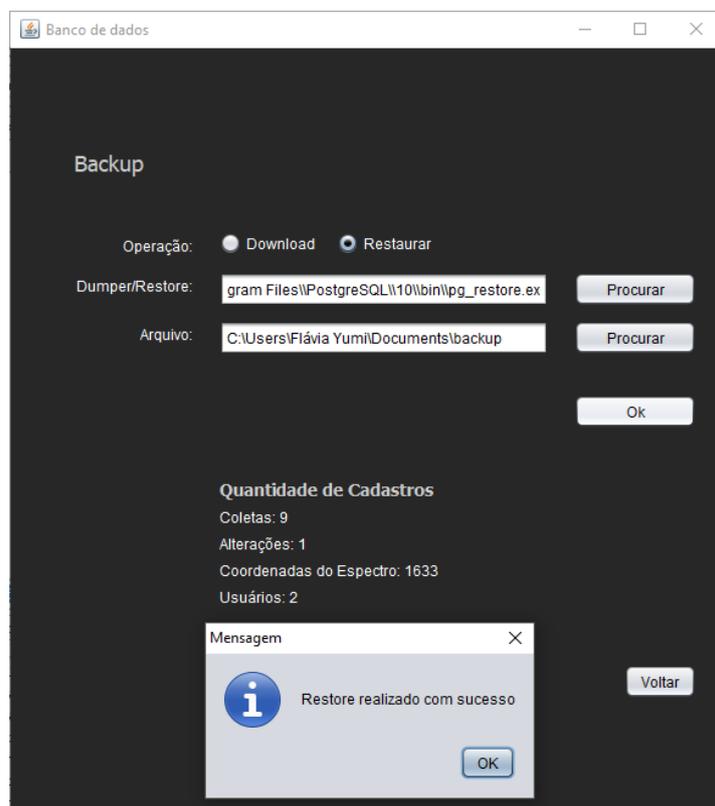
Figura 42 – Tela de Backup e Restauração após a exclusão de dados



Fonte: O Autor.

Ao inserir o arquivo “backup”, o banco voltará ao seu estado anterior. Na Figura 43 é possível observar que as quantidades de cadastros em cada entidade são as mesmas que anteriormente como na Figura 41.

Figura 43 – Fim da operação de restauração do banco



Fonte: O Autor.

7 CONCLUSÃO

O GDF e o LABREN em seus estudos sobre a radiação solar, fazem a manipulação de um grande volume de dados. Para auxiliar os pesquisadores, esse projeto de iniciação científica teve como proposta a criação de um sistema com banco de dados para armazenamento de dados ambientais e dados de desempenho dos dispositivos fotovoltaicos.

O sistema desenvolvido durante essa iniciação, possui um banco de dados capaz de armazenar todas essas diferentes grandezas estudadas e está conectada com um software em Java, de modo que a interação de usuários com o software influencia quais dados armazena, como é possível comprovar pelos resultados apresentados.

Infelizmente, o sistema ainda não conseguiu atingir todos os seus objetivos. A execução do programa é ineficiente, pois as funções de leitura ainda estão ocorrendo em somente um fluxo de execução. Se o número de fluxos fosse aumentado, a carga de ações de cada função seria dividida entre os diferentes fluxos e conseqüentemente o tempo de operação seria reduzido.

Existem, também, outras melhorias que devem ser adicionadas ao projeto. Uma maior flexibilização dos dados referentes as tecnologias dos módulos estudados. Atualmente o banco está estruturado para somente 6 tecnologias pré-definidas.

Por fim, conclui-se o projeto cumpre seus principais objetivos, realiza a leitura de arquivos, download, alteração e exclusão de dados. Porém ainda há melhorias que devem ser adicionadas ao projeto a fim de maximizar o potencial que possui para auxiliar os pesquisadores que dele farão uso.

8 REFERÊNCIAS

ABOU-RAS, D.; KIRCHARTZ, T.; RAU, U. **Advanced Characterization Techniques for Thin Film Solar Cells**. [S.l.]: Wiley-VCH Verlag GmbH Co. KGaA, 2016.

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.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). **Energia Solar: Princípios e Aplicações**. 2006. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2019.

CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado**. Rio de Janeiro, Brasil: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2004.

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

PV EDUCATION. **Solar Energy**. Disponível em: <<https://www.pveducation.org/pvcdrom/introduction/solar-energy>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Apostila de Automação Industrial**. Santa Maria, Brasil, 2005.

TIBA, C. et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil : Banco de Dados Solarimétricos**. Recife, Brasil, 2000.

VOLTAN, D. S. **Desenvolvimento de um Sistema Computacional para Monitoramento de Parâmetros Físicos na Área de Irrigação, com Base na Plataforma Labview**. Dissertação (Agronomia (Irrigação e Drenagem)) —

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Botucatu, 2012.

World Meteorological Organization. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. Geneva 2, Suíça: World Meteorological Organization, 2008.