

VIABILIDADE NO PROCESSAMENTO DE IRRADIÂNCIAS SOLARES EM DADOS EXPERIMENTAIS DE RADIAÇÃO SOLAR ATRAVÉS DA LINGUAGEM DE CONSULTA ESTRUTURADA SQL

VIABILITY IN THE PROCESSING OF SOLAR IRRADIENCES IN EXPERIMENTAL SOLAR RADIATION DATA USING THE STRUCTURED QUERY LANGUAGE SQL

Marcus Vinicius Contes Calca¹, Carlos Roberto Pereira Padovani², Pietro Pinton Rosa³,
Matheus Rodrigues Raniero³, Alexandre Dal Pai⁴

Área Temática: Tecnologias e Informações para o Agronegócio

RESUMO

Sistemas computadorizados aplicados em atividades de pesquisas de radiação solar, voltadas para uso agrônomo, vem sendo empregados em laboratórios científicos desde o final dos anos 90, implicando na necessidade de atualização metodológica e técnica acompanhando a evolução e, principalmente, o surgimento de novas tecnologias informatizadas nos dias atuais. A atualização de técnicas de processamento de dados de Radiação Solar deve ser posta em prática seguindo evoluções científicas/tecnológicas, solucionando problemas pertinentes no processo de análise de dados. Este trabalho apresenta resultados obtidos através de uma pesquisa de pós-graduação na área Agrônoma, correlacionando a conversão da radiação solar em outras formas de energia que, imprescindivelmente, necessita de processos de análise, documentação, formulação e acompanhamento de tecnologias computacionais para auxílio. O objetivo deste trabalho é expor, ressaltando aspectos multidisciplinares, a viabilidade de uma nova forma de processamento de dados, em um Banco de Dados de Radiação Solar na Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu. O processamento se deu a partir da utilização de métodos de programação em algoritmos SQL, acoplados a um ambiente computacional de livre acesso PHP, moldado de acordo com a necessidade local. Os resultados obtidos no processamento de dados do Banco de Dados de Radiação Solar, da instituição sede desta pesquisa, apresentam algoritmos compostos que acentuam a importância da utilização de Tecnologia da Informação no processo de laboração de uma grande quantidade de dados, agindo como uma ferramenta de auxílio ao processamento de dados dispostos a pesquisas da área de Ciências Agrárias.

Palavras-chave: Algoritmos de processamento. Banco de dados. Computação aplicada a agronomia. Processamento de dados. Radiação solar.

¹ Mestrando em Agronomia (Energia na Agricultura) na Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP. Fazenda Experimental Lageado. Rua José Barbosa de Barros, 1780, CP 237, Botucatu/SP, CEP 18610-307. E-mail: mcontes@outlook.com.

² Professor Doutor da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Avenida José Ítalo Bacchi, S/N - Jardim Aeroporto. Botucatu/SP. CEP 18606-851. E-mail: cpadovani@fatecbt.edu.br.

³ Graduandos em Análise e Desenvolvimento de Sistemas na Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Avenida José Ítalo Bacchi, S/N - Jardim. Aeroporto. Botucatu/SP. CEP 18606-851. E-mail: pintonpietro@hotmail.com e Matheus.raniero@hotmail.com.

⁴ Professor Doutor da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP. Fazenda Experimental Lageado. Rua José Barbosa de Barros, 1780, CP 237, Botucatu/SP, CEP 18610-307. E-mail: adapai@fca.unesp.br.

ABSTRACT

Computer systems applied to solar radiation research activities, aimed at agronomic use, have been used in scientific laboratories since the end of the 1990s, implying the need for methodological and technical updating, following evolution and, in particular, the emergence of new computerized technologies in the present day. The updating of solar radiation data processing techniques should be practiced following scientific/technological developments, solving pertinent problems in the process of data analysis. This work presents results obtained through a postgraduate research in the Agronomic area, correlating the conversion of solar radiation to other forms of energy that, necessarily, requires analysis, documentation, formulation and monitoring of computational technologies for assistance. The objective of this work is to present a viability of a new data processing form, highlighting multidisciplinary aspects, in a Solar Radiation Database at the Agronomic Sciences College of Botucatu. The processing took place with programming methods in SQL algorithms, coupled to a free access PHP computing environment, molded according to local needs. The results obtained in the data processing of the Solar Radiation Database of the research institution, present compound algorithms that emphasize the importance of the use of Information Technology in the process of working a large amount of data, acting as a tool of Aid to the processing of data prepared for research in the area of Agrarian Sciences.

Keywords: Processing algorithms. Database. Computations applied at agriculture. Data processing. Solar radiation.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da ciência da computação nas últimas décadas tem permitido o surgimento de novas tecnologias computacionais que podem ser aplicadas como ferramentas auxiliaadoras em atividades de diversas áreas do conhecimento. Essa evolução proporcionou um aumento considerável na oferta de sensores de monitoramento de parâmetros climáticos, elevando de forma significativa a quantidade de registros eletrônicos gerados. O volume de dados monitorados gera uma deficiência em métodos manuais de processamento, devido a sua proporção, evidenciando a carência por aplicações computacionais de auxílio a processos de manipulação de informações, executando-os de forma efetiva e eficiente.

Etapas posteriores ao monitoramento, como o processamento de dados, são fundamentais em cenários de pesquisas científicas mundiais, e de forma generalizada encontram dificuldades na maioria das atividades dessas etapas, uma vez que a quantidade de carga de dados que os pesquisadores têm que processar é extensa. O capital financeiro pode surgir como uma solução, permitindo a aquisição de tecnologias de processamento de dados, porém é um fato que do mesmo modo inviabiliza instituições públicas e até mesmo privadas de solucionar essa adversidade, uma vez que o investimento pode ser de altas proporções.

Questões como a utilização de aplicações computacionais genéricas para o processamento de dados devem ser abordadas como uma adversidade, uma vez que pesquisadores da área não possuem conhecimentos específicos para realizar tais atividades, e quando possuem as realizam de forma efetiva porém sem eficiência, o que em grande parte das ocasiões se torna um empecilho devido ao extenso volume de dados a serem processados e à demanda por resultados rápidos e sem perdas consideráveis no processamento.

A instituição utilizada como estudo de caso e sede da pesquisa que está sendo realizada é a Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, no Câmpus de Botucatu. A faculdade em questão possui um Laboratório de Radiometria Solar junto ao Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia, e apresenta adversidades similares as que foram citadas, como a inexistência de uma aplicação computacional de auxílio aos pesquisadores; e a utilização de *softwares* genéricos para processar extensos volumes de dados e gerar informações concisas.

Em meados de 2016, um grupo de estudantes iniciou pesquisas correlacionando a área de Radiação Solar com Ciência da Computação no intuito de desenvolver uma aplicação computacional de auxílio a todas as atividades que possuíssem dados radiométricos, focando na efetividade, simplicidade e eficiência. Calca et al (2016) publicou o primeiro resultado dessa

pesquisa, um *Software* de Gestão de Dados de Radiação solar, que surgiu sendo uma inovação, porém, ainda em ambiente experimental. Nesse sentido, este artigo apresenta resultados complementares aos publicados por Calca et al (2016), expondo rotinas compostas (PHP e SQL) para o processamento e geração de médias temporais horárias e diárias de irradiâncias solares, que é a quantidade de energia solar incidente em um determinado local em um período específico.

Conseqüentemente este artigo apresenta o desenvolvimento de novas técnicas de processamento de dados, através das tecnologias MySQL de gerenciamento de banco de dados, da linguagem SQL de manipulação de informações e da linguagem de programação PHP de interface entre o banco de dados MySQL e seu administrador. As tecnologias foram selecionadas por serem mundialmente disseminadas, focando a geração de médias horárias e diárias de energia solar incidente na Estação Experimental do Lageado através de uma aplicação computacional com interface ao usuário comum, que não possui conhecimento em codificações, permitindo o processamento de dados que poderão ser utilizados posteriormente em outras pesquisas da instituição.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Metodologia de Gestão de Projetos de *Software*

Segundo a Comunidade de Desenvolvimento Ágil do Brasil (2013), a metodologia SCRUM é uma metodologia ágil para o desenvolvimento de *software* focada na gestão das etapas do projeto. Neste estudo os métodos fornecidos pela SCRUM proporcionaram a organização da equipe de desenvolvimento das rotinas e auxiliaram na separação das atividades a partir do domínio de conhecimento dos integrantes, fornecendo harmonia e precisão na criação das codificações e validações finais. Ressalta-se que os resultados aqui apresentados não foram aplicados ainda em ambiente real de operação, dessa forma, esta metodologia proporcionou fundamentos suficientes para a realização de testes e validação dos algoritmos criados.

2.2 Plataforma de Execução dos Procedimentos

A plataforma *web*, mundialmente conhecida como *World Wide Web*, funciona a partir da arquitetura Cliente/Servidor. Segundo Hanson (2000), em um ambiente de execução de *softwares* em arquitetura Cliente/Servidor uma estação de trabalho é geralmente denominada como Cliente e o Servidor é o computador responsável por atender as requisições dos computadores clientes. A arquitetura Cliente/Servidor é atualmente considerada por Hanson (2000) o modelo de comunicação de dados mais utilizado mundialmente, tornando-se popular graças a grande expansão que a internet obteve.

Neste estudo a plataforma *web* em arquitetura Cliente/Servidor foi emulada no sentido de oferecer maior facilidade, disponibilidade de recursos e controle de elementos computacionais. Fornecendo futuramente um modelo para hospedagem e execução do *software* proposto por Calca et al (2016), onde estarão agregadas as rotinas aqui apresentadas, disponibilizando, portanto, ao ser implantado em ambiente real de operação, uma aplicação computacional acessada por meio da internet, constituindo recursos como escalabilidade, acessibilidade, integridade e eficiência.

2.3 Banco de Dados de Radiação Solar

Foram utilizados dados do banco de dados de radiação solar na plataforma MySQL, implementado, experimentalmente, no Laboratório de Radiometria Solar, situado na Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, no Câmpus de Botucatu. Beighley (2010) define Banco de Dados como sendo um contêiner onde é armazenado a estrutura de uma tabela e funções de álgebra relacional. Uma tabela é uma matriz de dados que compreende linhas e colunas, conforme as tabelas disponibilizadas através do *software* matemático Microsoft Excel.

O banco de dados é responsável por armazenar dados medidos de radiação solar, que é a energia proveniente do sol que incide sobre a superfície terrestre através de um fenômeno de natureza eletromagnética. Sua propagação é dada através de movimentos ondulatórios. Esse tipo de radiação tem impacto direto na geração de outras formas de energia, consideradas limpas. Segundo Ohunakin et al (2015), a radiação solar, popularmente conhecida por Energia Solar, é um ótimo recurso renovável que pode ser aproveitado em outras áreas do conhecimento como a agricultura, a biologia e a engenharia térmica.

O banco de dados conta com um conjunto de registros de 2.000.000 de linhas, divididos ainda em dados estruturados (metadados MySQL) e não estruturados (formato texto ASCII). Os dados foram medidos na Estação Experimental de Radiometria Solar (Latitude 22° 54' Sul, longitude 48° 27' Oeste, altitude 786m), compreendendo o período de 1996 a 2017. O conjunto de dados agrega as seguintes componentes solares: radiação global, radiação direta na incidência normal, radiação difusa (métodos da diferença, disco e anel de sombreamento), radiação refletida, radiação global e difusa em superfície inclinada, radiação global em superfície vertical, radiações espectrais - ultravioleta fotossinteticamente ativa e infravermelha curta -, além das radiações de ondas longas como as radiações terrestre e atmosférica.

A fim de se realizar este estudo os dados foram transformados do formato texto ASCII e inseridos no banco de dados MySQL no formato de Metadados, dessa forma, as rotinas, codificadas na linguagem SQL e na linguagem PHP puderam acessar os dados e processá-los de uma partição instantânea em W/m^2 para partições temporais de médias horárias e diárias em MJ/m^2 , inserindo-os no próprio banco de dados MySQL.

2.4 Recursos de Equipamentos

Foi utilizado, no desenvolvimento das rotinas SQL, um computador portátil, devido as condições favoráveis à criação. O computador foi configurado para trabalhar como o servidor *web* e cliente, realizando a requisição e o processamento de dados e informações. Adotou-se, portanto, a máquina da SAMSUNG, modelo 270E, equipado com uma Unidade Central de Processamento (processador) Intel Core i3, bem como 6 GB de Memória RAM, 500GB de Disco Rígido (HDD) e sistema operacional Microsoft *Windows* 8 Pro de 64 bits. Em ambientes reais de operação, ou ambiente de recriação deste estudo pode-se adotar uma máquina com as mesmas configurações.

Sensores quânticos e de termopilhas foram utilizados para realizar a medida dos dados das componentes solares, trabalhando de forma direta com um sistema automatizado de aquisição de dados e medidas. Um sensor é um dispositivo digital que capta estímulos físicos e disseminam respostas interpretadas, dessa forma, os sensores quânticos e de termopilhas da Campbell Scientific (2015) são responsáveis por coletar informações sobre a energia solar incidente na terra transformando-as em forma de calor e apresentando-as em forma de tensão. Os sensores da Campbell Scientific (2015), por terem sido desenvolvidos para operar em diversos formatos de ambientes, desde laboratórios experimentais até ambientes hostis, foram

os equipamentos utilizados para realizar a medição dos dados de radiação solar neste estudo.

Conforme citado, os sensores trabalham em conjunto com um sistema automatizado de aquisição de dados e medidas, dessa forma, é necessário possuir um dispositivo digital em campo que se realiza um pré-tratamento das informações. Um sistema automatizado de aquisição de dados e medidas é um dispositivo digital responsável por captar os dados enviados por um sensor e convertê-los em formato legível de texto. No caso da radiação solar os sistemas são responsáveis por receber as medidas dos sensores quânticos e de termopilhas e gerar um sinal em Milivolts que é permutado a um computador, onde o dado é armazenado (Banco de Dados MySQL), processado (Rotinas SQL) e disseminado aos pesquisadores em seu formato final (*Software* de Gestão de Dados de Radiação Solar). O modelo utilizado neste estudo é o CR3000 da Campbell Scientific (2015), permitindo a codificação de determinadas funções internas do aparelho, o que resulta na apresentação de dados pré-formatados, porém não-estruturados.

2.5 Ferramentas de *Software*

Foi utilizado o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) MySQL Workbench 6.2 para manipular os dados experimentais de radiação solar. O MySQL Workbench 6.2 possui licença de livre distribuição, no sentido de não existir custos atrelados a à sua utilização, além de ser um sistema amplamente explorado em ambientes comerciais e acadêmicos para o gerenciamento de banco de dados. O SGBD permitiu a criação das codificações das rotinas em linguagem SQL, em conjunto com a manipulação das partições instantâneas, horárias e diárias de dados.

Foi utilizado o *software* Adobe Dreamweaver CC a fim de se obter uma interface visual de fácil manipulação. O *software* em questão é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), permitindo, desta maneira, o desenvolvimento dos códigos na linguagem de programação PHP e os códigos de criação da interface visual em plataforma *web* através de bibliotecas de códigos. Realizando, inclusive, a comunicação entre o banco de dados MySQL e as codificações PHP com interface visual de manipulação.

2.6 Linguagens de Programação e Bibliotecas

A linguagem de programação PHP foi aplicada na criação de funções de manipulação

das rotinas SQL, bem como permitiu a conexão, através do módulo PHP *Data Object* (PDO), com o banco de dados MySQL. A Communitic Brasil (2017) descreve a linguagem de programação como sendo uma linguagem destinada a instruir um conjunto de ações consecutivas que um programa deve executar, sendo uma forma facilitada para os seres humanos instruir computadores a realizar ações.

A linguagem de consulta estruturada SQL permitiu a criação de procedimentos, através da estrutura *Stored Procedures*, responsáveis por realizar os cálculos de médias das irradiâncias e posteriormente armazená-los no banco de dados MySQL. A Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês *Structured Query Language* (SQL), é uma linguagem de consulta aplicada a Bancos de Dados Relacionais que usa, segundo Takai et al (2005), uma combinação de construtores de álgebra e cálculo relacional.

A interface visual de manipulação das rotinas SQL foi estruturada utilizando a biblioteca de códigos *web (front-end)* Bootstrap. A biblioteca permitiu a estruturação de páginas para a internet através das tecnologias HTML5, CSS3 e JavaScript, proporcionando uma interface visual de aprimoramento da experiência relacionada com o usuário. Dessa forma, as rotinas podem ser acionadas a partir do *Software* de Gestão de Banco de Dados proposto por Calca et al (2016) através de um endereço de internet.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A viabilidade de utilização das rotinas SQL para processamento de irradiâncias solares em dados experimentais de radiação solar foi avaliada a partir dos seguintes preceitos: integridade de processamento dos dados, independência de arquivo texto ASCII para busca e execução do processamento, simplicidade na ativação das rotinas e agilidade no tempo de operação.

3.1 Cenário Proposto

As rotinas desenvolvidas foram propostas para operarem no Laboratório de Radiometria Solar da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP no Câmpus de Botucatu por meio plataforma de gerenciamento de banco de dados MySQL Workbench 6.2 a partir de codificações SQL de processamento de dados de irradiâncias solares da Estação Experimental Lageado. No intuito de facilitar o processo de ativação das rotinas foi incorporado ao *Software*

de Gestão de Banco de Dados de Radiação Solar proposto por Calca et al (2016), uma página *web*, ilustrada pela Figura 1.

Figura 1. Página *web* de Ativação das Rotinas no *Software* de Gestão de Dados de Radiação Solar.

A interface web apresenta um formulário com os seguintes elementos:

- Data Inicial:** Campo de entrada com o placeholder "dd/mm/aaaa".
- Data Final:** Campo de entrada com o placeholder "dd/mm/aaaa".
- Tipo de Média:** Menu suspenso com o texto "Selecione o tipo de média que deseja calcular..." e uma seta para baixo.
- Base de Dados:** Menu suspenso com o texto "Selecione a base de dados que deseja calcular as médias..." e uma seta para baixo.
- Dois botões de ação: "Executar Rotina de Cálculo" (destacado em verde) e "Limpar Campos" (destacado em azul).

Na página *web* de ativação das rotinas o administrador poderá inserir os parâmetros data inicial, data final, tipo de médias e base de dados, para então pressionar o botão “Executar Rotinas de Cálculos” que realizará os cálculos necessários e armazenará os resultados no banco de dados MySQL.

A principal motivação ao criar rotinas para processamento de irradiâncias em médias temporais horárias e diárias utilizando a linguagem de consulta estruturada (SQL), a plataforma de banco de dados MySQL e a linguagem de programação PHP é a simplificação de todo o processo de cálculos, juntamente com a elaboração de uma ferramenta computacional específica para essa finalidade. Isso permite que os dados sejam processados e armazenados em um único repositório. Em segundo plano, as tecnologias citadas no parágrafo anterior permitem que os cálculos sejam efetuados sem um limite de linhas ou de tempo de processamento. Dessa forma, em uma situação onde se deve calcular as médias de um ano inteiro basta acionar o algoritmo, por meio das codificações SQL ou da página *web* de ativação, passando os parâmetros necessários, e ele processará de forma automática, diferenciando-se de ferramentas matemáticas como o Microsoft Excel e/ou o Microcal Origin.

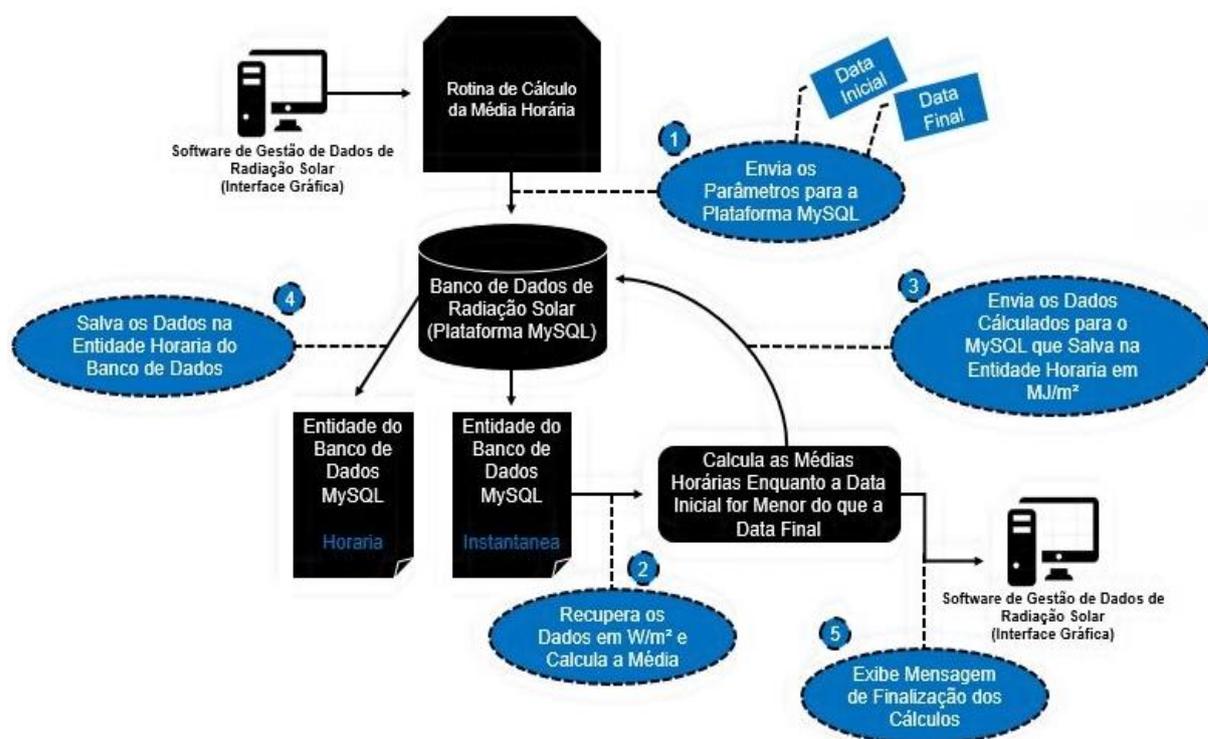
3.2 Algoritmos de Processamento

As rotinas de processamento dos dados em valores instantâneos (W/m^2) em dados de médias temporais horárias e diárias (MJ/w^2) foram implementadas através de estruturas SQL denominadas de *Stored Procedures*. As estruturas funcionam como sub-rotinas agregadas a um banco de dados relacional, podendo executar comandos específicos através da linguagem SQL de forma simplificada.

O processo de ativação dos algoritmos de processamento pode ser feito de duas maneiras distintas. A primeira delas é a partir de codificações SQL na plataforma de gerenciamento de banco de dados MySQL e a segunda é a partir da página *web* de ativação das rotinas, onde foi criada uma interface facilitada de operação. De forma respectiva a primeira maneira de ativação dos algoritmos é mais voltada a administradores de bancos de dados que possuem conhecimentos profundos na linguagem SQL e na plataforma MySQL e a segunda maneira é voltada aos possíveis operadores do *Software* de Gestão de Dados de Radiação Solar, proposto por Calca et al (2016), que possuem conhecimentos necessários apenas para manipular dados através do *software*.

A Figura 2 ilustra o fluxo dos algoritmos que compõem a rotina SQL de cálculo das médias horária na plataforma MySQL do banco de dados.

Figura 2. Fluxo das Rotinas de Cálculo das Média Horária.

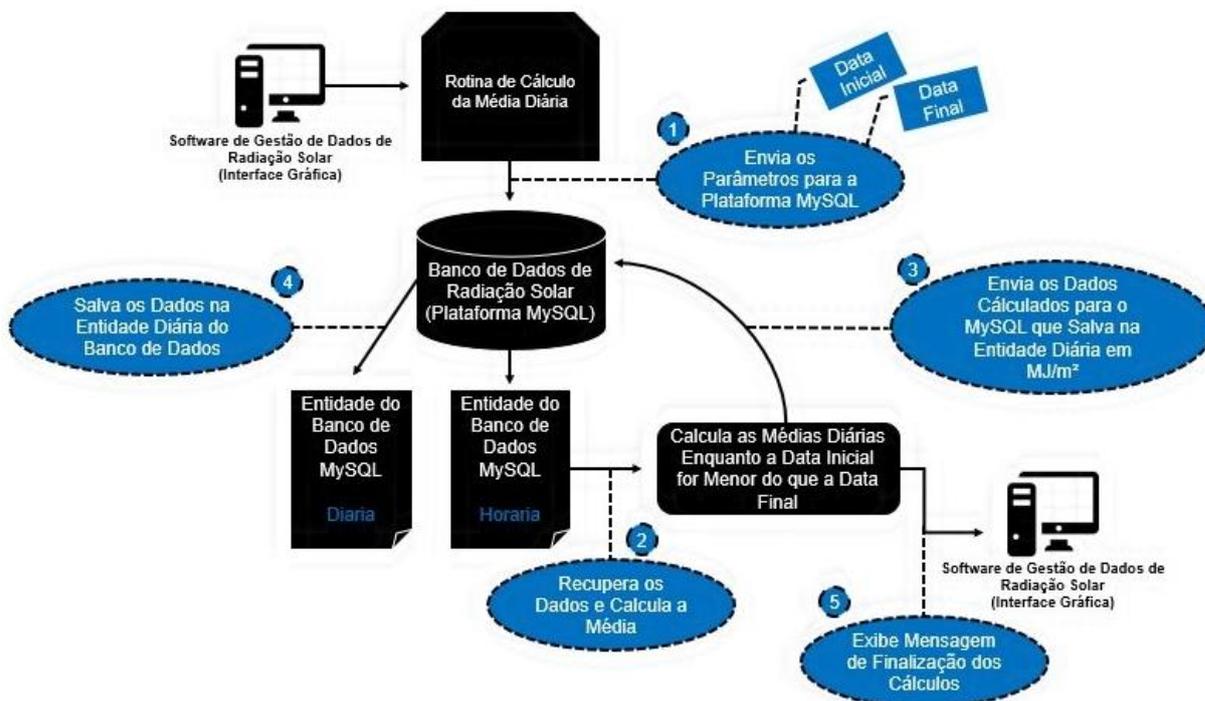


O processo da *Stored Procedure* de execução dos cálculos das médias horárias possui 5 passos, conforme enumerados na Figura 3. Passo 1: uma rotina de execução dos cálculos recupera a data inicial e final informada pelo usuário e as informa para a plataforma MySQL. Passo 2: a rotina de cálculos recupera os parâmetros da Plataforma MySQL, busca os dados na entidade denominada “Instantanea”, realiza os cálculos de média multiplicando os dados por 0,0036 apresentando-os em *MegaJoule* (MJ/m^2). Passo 3: a rotina envia os dados já cálculos para a plataforma MySQL. Passo 4: a plataforma MySQL recupera os dados enviados pela rotina e os armazena na entidade “Horária”. Passo 5: o *software* envia a mensagem final para o usuário anunciando o final do processamento.

O processamento das médias horárias funciona de forma similar ao processamento apresentado anteriormente. Portanto, no Passo 1: uma rotina de execução dos cálculos recupera a data inicial e final informada pelo usuário e as informa para a plataforma MySQL. No Passo 2: a rotina de cálculos recupera os parâmetros da Plataforma MySQL, busca os dados na entidade denominada “Horária”, realiza os cálculos de média dos dados que já estão em *MegaJoule* (MJ/m^2). No Passo 3: a rotina envia os dados já calculados para a plataforma MySQL. No Passo 4: a plataforma MySQL recupera os dados enviados pela rotina e os armazena na entidade “Diária”. E por fim no Passo 5: o *software* envia a mensagem final para o usuário anunciando o final do processamento. Todos os 5 passos citados são executados internamente na plataforma MySQL, tanto para a rotina de médias horárias quanto para a rotina de médias diárias.

A Figura 3, portanto, ilustra o fluxo das rotinas SQL de cálculo das médias diárias na plataforma MySQL do banco de dados, que ocorre de forma similar ao processo ilustrado pela Figura 2.

Figura 3. Fluxo das Rotinas de Cálculo das Médias Diárias.



É importante abordar a questão de seletividade dos algoritmos de cálculos de médias, uma vez que em um dia comum encontra-se no banco de dados em partição instantânea um total de 288 linhas. Os algoritmos das rotinas de processamento percorrem todas as linhas realizando o cálculo de média através da função *Average* (AVG) no MySQL e seleciona quais são os registros que deverão entrar no cálculo. Essa seleção é realizada criteriosamente descartando dos cálculos registros que possuam qualquer aspecto subjetivo pré-determinado pelo programador nas rotinas.

3.3 Diagrama de Banco de Dados

Conforme apontado anteriormente, os cálculos de médias são realizados em dados de irradiâncias solares em uma partição instantânea (W/m^2) alocado em uma entidade do banco de dados MySQL. A partição instantânea se caracteriza por possuir registros de uma média de medições de 5 em 5 minutos, compreendendo 288 vetores de informações em um dia todo.

Os cálculos são realizados com base nos dados inseridos na partição instantânea e após calculados são inseridos em tabelas de partição horária e diária do banco de dados, disponibilizando os valores, já calculados, para recuperação. Dessa forma, quando um determinado pesquisador realiza a requisição de um período de dados em partição horária ou

partição diária o administrador do banco de dados precisa apenas inserir na plataforma MySQL o período e os dados que serão recuperados, encarregando rotinas internas do *Software* de Gestão de Dados de fazer o trabalho de recuperação e disponibilização. A Figura 4 ilustra as três tabelas, utilizadas pelos algoritmos.

Figura 4. Diagrama de Entidades Utilizadas no Processamento dos Dados.

instantanea	horaria	diaria
timestamp VARCHAR(50)	timestamp VARCHAR(50)	timestamp VARCHAR(50)
record INT(10)	record INT(10)	record INT(10)
ano INT(5)	ano INT(5)	ano INT(5)
mes INT(2)	mes INT(2)	mes INT(2)
dia INT(2)	dia INT(2)	dia INT(2)
dia_juliano INT(3)	dia_juliano INT(3)	dia_juliano INT(3)
hora INT(2)	hora INT(2)	hora INT(2)
minuto INT(2)	minuto INT(2)	minuto INT(2)
hora_solar DECIMAL(10,5)	hora_solar DECIMAL(10,5)	hora_solar DECIMAL(10,5)
cosz DECIMAL(10,5)	cosz DECIMAL(10,5)	cosz DECIMAL(10,5)
global DECIMAL(10,5)	global DECIMAL(10,5)	global DECIMAL(10,5)
difusa DECIMAL(10,5)	difusa DECIMAL(10,5)	difusa DECIMAL(10,5)
difusa_disco DECIMAL(10,5)	difusa_disco DECIMAL(10,5)	difusa_disco DECIMAL(10,5)
direta DECIMAL(10,5)	direta DECIMAL(10,5)	direta DECIMAL(10,5)
global_inc DECIMAL(10,5)	global_inc DECIMAL(10,5)	global_inc DECIMAL(10,5)
difusa_inc DECIMAL(10,5)	difusa_inc DECIMAL(10,5)	difusa_inc DECIMAL(10,5)
17 more...	17 more...	17 more...

3.4 Validação dos Dados Gerados

Os resultados deste artigo foram obtidos utilizando como parâmetro a data inicial de 01-08-2013 e a data final de 31-08-2013. Os cálculos foram realizados dia a dia nos dias pré-estabelecidos na chamada para o procedimento.

A validação dos dados gerados foi realizada a partir de resultados obtidos pelas rotinas SQL no banco de dados MySQL comparados com resultados do *software* matemático Microsoft Excel. A Figura 5 apresenta duas tabelas: a tabela de validação de dados horários, com resultados gerados a partir do Excel na direita e dados gerados a partir do MySQL com as rotinas SQL na esquerda e a tabela de validação de dados diários, que apresenta de forma similar os resultados obtidos através do Excel nas colunas da esquerda e no MySQL com as rotinas SQL nas colunas da direita.

Figura 5. Dados Gerados Pelo Excel e Pelas Rotinas SQL.

Validação de Dados Horários				Validação de Dados Diários			
Excel		MySQL (SQL)		Excel		MySQL (SQL)	
Hora	Global	Hora	Global	Data	Global	Data	Global
7	0,206063	7	0,20606	01/08/2013	0,64658	01/08/2013	0,64600
8	0,8289	8	0,8289	02/08/2013	0,63559	02/08/2013	0,63500
9	1,51626	9	1,51626	03/08/2013	0,63185	03/08/2013	0,63100
10	2,10501	10	2,10501	04/08/2013	0,63205	04/08/2013	0,63200
11	2,4723	11	2,4723	05/08/2013	0,63767	05/08/2013	0,63700
12	2,52363	12	2,52363	06/08/2013	0,61395	06/08/2013	0,61300
13	2,27457	13	2,27457	07/08/2013	0,63937	07/08/2013	0,63900
14	1,91064	14	1,91064	08/08/2013	0,60934	08/08/2013	0,60900
15	1,44012	15	1,44012	09/08/2013	0,62271	09/08/2013	0,62200
16	0,75393	16	0,75393	10/08/2013	0,59616	10/08/2013	0,59600
17	0,132426	17	0,13243				

Conforme pode-se notar as diferenças dos dados gerados a partir das rotinas SQL com relação aos dados gerados a partir do Excel em MJ/m^{-2} em médias temporais horárias e diárias na Figura 5, os resultados são aproximadamente iguais, diferenciando-se apenas nos resultados das últimas casas decimais tanto nas médias horárias quando nas médias diárias. Esse fator não deprecia o resultado uma vez que as casa decimais dos cálculos é um fator que pode ser ajustado por meio da programação das rotinas SQL e em grande parte dos casos são utilizados resultados considerando apenas as três casas decimais após a vírgula. Neste sentido as rotinas SQL produziram resultados íntegros com relação aos cálculos de médias e ao cálculo de conversão de W/m^{-2} em MJ/m^{-2} dos dados experimentais de irradiâncias solares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que os algoritmos são viáveis para sua finalidade nos aspectos de integridade de processamento, uma vez que em sua validação se demonstrou íntegra quanto aos valores resultantes. São viáveis na independência de arquivos no formato texto ASCII, pois seus cálculos e execução das rotinas utilizam como fonte de dados entidades localizadas no próprio banco de dados. São viáveis quanto a simplicidade na ativação da operação, uma vez que o algoritmo pode ser ativado via interface gráfica (Figura 1).

Aspectos como agilidade no tempo de processamento foram julgados com menos rigor, uma vez que o objetivo do Laboratório de Radiometria Solar é utilizá-los em um computador servidor, com maiores capacidades de processamento. Por fim, o processamento de dados de

irradiâncias solares através da linguagem SQL é viável perante as prerrogativas levantadas para o cenário apresentado. Uma vez que simplifica o processo e demonstra que o Laboratório de Radiometria Solar da instituição sede está constantemente em busca de soluções tecnológicas aplicadas mundialmente, empregando-as em suas atividades de pesquisa.

A partir das discussões levantadas e dos resultados apresentados, assegura-se, que nesse caso a Linguagem SQL aliada ao Banco de Dados MySQL e a Linguagem de Programação PHP se mostrou capaz de processar médias temporais horárias e diárias de irradiâncias solares. Inovar o processo através de ferramentas específicas é fundamental, tornado o ambiente computacional um componente elementar de pesquisas em campo.

REFERÊNCIAS

BEIGHLEY, L. **Use a Cabeça SQL (Head First): O Guia Amigo do Seu Cérebro**. Rio de Janeiro: Editora Alta Books. 1. ed. 2. reimp. 2010.

CALCA, M. V. C. Et al. **Desenvolvimento de um Software de Gestão de Dados de Radiação Solar**. 2016. La Plata, Argentina. Anais... La Plata: XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente: Trayectoria Hasta la Sustentabilidad, 2016.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **CMP3-L Pyranometer**. Documentation: Logan, Utah. 2009.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **LI190SB Quantum Sensor**. Documentation: Logan, Utah. 2015.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. **CR3000 Measurement and Control System**. Documentation: Logan, Utah. 2015.

COMUNIDADE DE DESENVOLVIMENTO ÁGIL DO BRASIL. **Metodologia de Desenvolvimento Ágil de Projetos Scrum**. 2013. Disponível em: <<http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum/>>. Acessado em: 03/05/2017.

COMMUNITIC BRASIL. **As Linguagens de Programação**. 2017. Disponível em: <<http://br.ccm.net/contents/308-as-linguagens-de-programacao>>. Acessado em: 10/05/2017.

FRISINA, V. A. ESCOBEDO, J. F. GOMES, E. N. **Estimativa da Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) em Estufa de Polietileno**. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 3., 2000, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000002000056&lng=en&nrm=abn>. Acessado em: 11/05/2017.

OLAYINKA, O. S. et al. **The Effect of Climate Change on Solar Radiation in Nigeria**. Solar Energy 116, p. 272-286. Abril, 2015.

TAKAI, O. K. ITALIANO, I. C. FERREIRA, J. E. **Apostila: Introdução a Banco de Dados**. São Paulo: DCC-IME-USP. 2005.

THE PHP GROUP. **Documentation: História do PHP**. 2017. Disponível em:
<https://secure.php.net/manual/pt_BR/history.php.php>. Acessado em: 03/05/2017.