

IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO SOLARIMÉTRICA DE NATAL-RN

Francisco Raimundo da Silva* – fraimundo@crn.inpe.br

Manoel Jozeane Mafra de Carvalho* – manoel@crn2.inpe.br

*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional do Nordeste

Rua Carlos Serrano, 2073, Natal RN – CEP: 59076-740

Aldomar Pedrini (Dpt. Arquitetura – UFRN) – apedrini@ufrnet.br

Fernando Moreira da Silva (Dpt. Geografia – UFRN) – fmoreyra@ufrnet.br

Raimundo Nonato Calazans Duarte (Dpt. Eng. Mecânica – UFCG) – rnduarte@dem.ufcg.edu.br

Ricardo Carvalho Cabús (Centro de Tecnologia – UFAL) – r.cabus@gmail.com

Hugo Sérgio Medeiros de Oliveira** – hsmrdorn@hotmail.com

George Santos Marinho** – gmarinho@ct.ufrn.br

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica

Campus Universitário – Natal RN – CEP: 59072-970

4.2 Sistemas de medição e monitoramento

Resumo. *A união de esforços entre a Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Universidade Federal de Alagoas - UFAL e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, com apoios da Agência Financiadora de Projetos e Pesquisas – FINEP e da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, tornou possível a implementação da Estação Solarimétrica de Natal-RN em 2007. Inicialmente apenas parte de um projeto de pesquisa sobre eficiência energética de sistemas construtivos, a estação cresceu em importância e atualmente conquistou autonomia, constituindo um projeto independente com outros projetos de pesquisa agregados. No presente trabalho são apresentados as etapas de sua implantação, o estágio atual e as perspectivas para o futuro.*

Palavras-chave: *radiação solar, estação solarimétrica, coleta e difusão de dados.*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Goldemberg e Villanueva (2003), o consumo de energia pelas sociedades mais que triplicou desde a revolução industrial; além disso, projeções sobre tendências de crescimento do consumo indicam que na metade do século XXI o consumo de energia nos países em desenvolvimento irá suplantar o consumo nos países desenvolvidos (Goldemberg e Villanueva, 2003).

Dentro da atual conjuntura, é fato que bases de dados sobre radiação solar podem ser consideradas informação estratégica. Dependem dessas bases: o desenvolvimento de políticas públicas para incentivo a investimentos da iniciativa privada em projetos de aproveitamento de energia solar; estudos sobre meteorologia e climatologia; o planejamento para obtenção de maior eficiência nas diversas etapas do agronegócio, como seleção de culturas, plantio, colheita, operação de sistemas de irrigação, secagem de grãos; as práticas de eficiência energética e de conforto térmico na arquitetura e na construção civil, que dependem diretamente de informações sobre luminosidade e fluxos de energia, entre outros (Pereira et al., 2006).

O monitoramento da energia solar também é imprescindível para estudos dos efeitos da radiação em animais, plantas, microorganismos, humanos e materiais (Tevini, 1993). Para o Brasil, devido à sua condição geográfica, o monitoramento da radiação solar em solo é importante para desenvolvimento de estudos sobre interações entre oceano e atmosfera, química da atmosfera, evolução da camada de ozônio, saúde pública, balanço de energia, qualidade do ar e problemas do semi-árido, entre outros.

Apesar do potencial de alguns programas computacionais, que permitem estimar a distribuição da energia solar em qualquer região do país, dados de solo são imprescindíveis, principalmente para calibração dos modelos de simulação.

Em 2004, equipes de pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Mecânica, de Arquitetura e Urbanismo e de Geografia da UFRN, do Departamento de Engenharia Mecânica da UFCG, do Departamento de Arquitetura da UFAL e dos Departamentos de Engenharia de Estruturas e de Arquitetura da UFPI uniram-se na elaboração de uma proposta de criação de uma rede de pesquisa sobre eficiência energética em sistemas construtivos – RePEESC, dentro do escopo estabelecido pela chamada pública do edital MCT/FINEP/FVA – HABITARE - 02/2004, de fevereiro de 2004.

Durante a elaboração da proposta, na etapa em que foram definidas as prioridades para complementação de infraestrutura de equipamentos de cada Instituição, surgiu um impasse quanto à aplicação de dados experimentais, que seriam obtidos a partir de células de testes implantadas em campo, em terreno da UFRN cedido ao Laboratório de Transferência de Calor - LTC, nas simulações computacionais que seriam realizadas nos laboratórios de Conforto Ambiental – Labcon / UFRN e de Simulação Computacional em Térmica e Fluidos – LaSCTF / UFCG. Desse modo, identificou-se a necessidade de dados reais sobre a radiação solar e a iluminação em Natal-RN.

Com base em experiências anteriores, onde foram frustradas todas as tentativas de acesso aos dados coletados por duas estações climatológicas implantadas em Natal, decidiu-se que a proposta a ser encaminhada à FINEP deveria priorizar a aquisição de um equipamento com capacidade para medição de variáveis básicas (radiações global e difusa e iluminações N-S-L-O e zenital, além de dados sobre vento, umidade e temperatura do ar).

Em conseqüência, alguns equipamentos, principalmente computadores para bolsistas de I.C., M.Sc. e Dr., deixaram de ser adquiridos em benefício da aquisição dos equipamentos do que mais tarde viria a compor a estação.

Também houve consenso entre os membros da equipe do projeto no que diz respeito ao acesso aos dados coletados por parte de outros pesquisadores – seria priorizada a liberação total e gratuita dos dados, com planos para sua difusão via rede internet, se possível em tempo real.

A proposta foi encaminhada à FINEP em 24/09/2004 e aprovada em 28/10/2004, sob código 01.04.1086-02. Iniciava-se o longo processo para importação dos equipamentos destinados a compor a estação solarimétrica, bem como para aquisição da mini-estação climatológica portátil.

Ao mesmo tempo, iniciavam-se os entendimentos com as empresas intervenientes para ampliação da infraestrutura do LTC, visando à instalação dos equipamentos em local adequado à transmissão de dados via internet.

2. SELEÇÃO DO LOCAL PARA INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO

Com apoio das empresas Tecleve Indústria e Comercio Ltda. e Dois A Engenharia e Tecnologia Ltda., do ramo da construção civil de Natal, intervenientes no projeto RePEESC, foram obtidos recursos para ampliação do LTC-UFRN, que ganhou uma sala com laje especialmente projetada para receber os equipamentos (sem telhas), ver Fig. 1.

Nesse ínterim, a administração do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional do Nordeste, sediado em Natal, passou por uma mudança radical. Como uma das primeiras decisões da nova chefia, foi estabelecido contato com membros de diversos departamentos da UFRN.

A partir daquele momento, pesquisadores da UFRN passaram a ter livre acesso aos dados do Laboratório de Ozônio - LabOz. Décadas de informações radiação ultravioleta e ozônio (concentração, coluna total), coletadas por meio de sondas lançadas em balões estratosféricos e equipamentos de solo foram disponibilizadas.

As interações, inicialmente individuais, foram aproveitadas para estabelecimento de um convênio formal entre INPE-CRN e UFRN.

Após um período em que o convênio existiu apenas como um instrumento burocrático, sem que interações concretas se materializassem, foi aventada pela nova chefia do CRN a possibilidade de instalação de equipamentos sobre o teto do LabOz, onde já funcionavam um radiômetro GUV (Ground Ultraviolet) e os espectrofotômetros de Brewer e de Dobson, ver Fig. 2.



Fig. 1 – Concretagem da laje do Laboratório de Transferência de Calor – LTC, da UFRN.



Fig. 2 – Integrantes do Projeto RePEESC examinam as instalações do Laboratório de Ozônio– INPE-CRN, em Natal.



Durante visita ao LabOz, ao lembrarem da existência de uma estação solarimétrica montada no topo de uma caixa d'água (ver Fig. 3), pesquisadores do Projeto RePEESC discutiram a possibilidade de aproveitamento do espaço da caixa d'água do INPE-CRN para o mesmo fim; devido à proximidade entre aquela estrutura e o LabOz, haveria ainda a facilidade no momento da instalação dos equipamentos de aquisição e registro dos dados coletados, que poderiam ser alocados na mesma sala onde já haviam os equipamentos de registro do GUV e Brewer. A proposta foi aceita pela chefia do INPE-CRN.

Após passar por reformas e instalação de escada de acesso e plataformas para montagem de equipamentos, custeadas pelo INPE-CRN, com apoio do Dr. Paulo Nobre (INPE-SJC) e do Dr. João Braga (INPE-SJC), projetadas gratuitamente pelo Arq. Leonardo Cunha (ver Fig.4), a antiga caixa d'água estava pronta para receber a Estação Solarimétrica de Natal e, assim, foi colocada à disposição dos pesquisadores do Projeto RePEESC (ver Fig.5).



Fig. 3 – Estação climatológica em topo de caixa d'água.

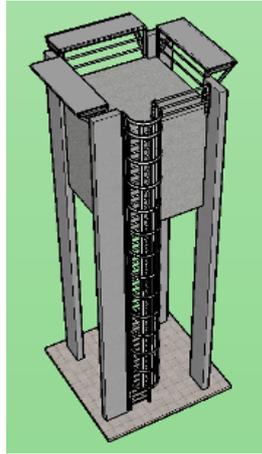


Fig. 4 – Projeto de reforma da caixa d'água do INPE-CRN.



Fig. 5 – Torre para montagem da Estação Solarimétrica de Natal.

3. PROJETO DA CADEIA DE MEDIÇÃO DA ESTAÇÃO

Em 21/11/2005, durante visita do Dr. Karel Vanicek, do CHMI (Czech Hydrometeorological Institute Solar and Ozone Observatory) ao INPE-CRN e à UFRN, membros do RePEESC discutiram as linhas gerais da configuração da cadeia de medição da estação e os principais cuidados na seleção dos sensores e na aquisição e transmissão dos dados.

Entre o planejamento e a execução da reforma da torre, o Laboratório de Ozônio foi reestruturado para adequar-se à nova realidade do CRN, passando a denominar-se Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais – LAVAT.

O fato propiciou a extensão do monitoramento da radiação solar, objetivo do projeto RePEESC, aos interesses do INPE. A cadeia de medição da Estação foi projetada pelo Dr. Sylvio Mantelli Neto, do INPE-SJC, que em 2005 atuava na UFSC. Na Fig.6 ilustra-se o projeto elaborado.

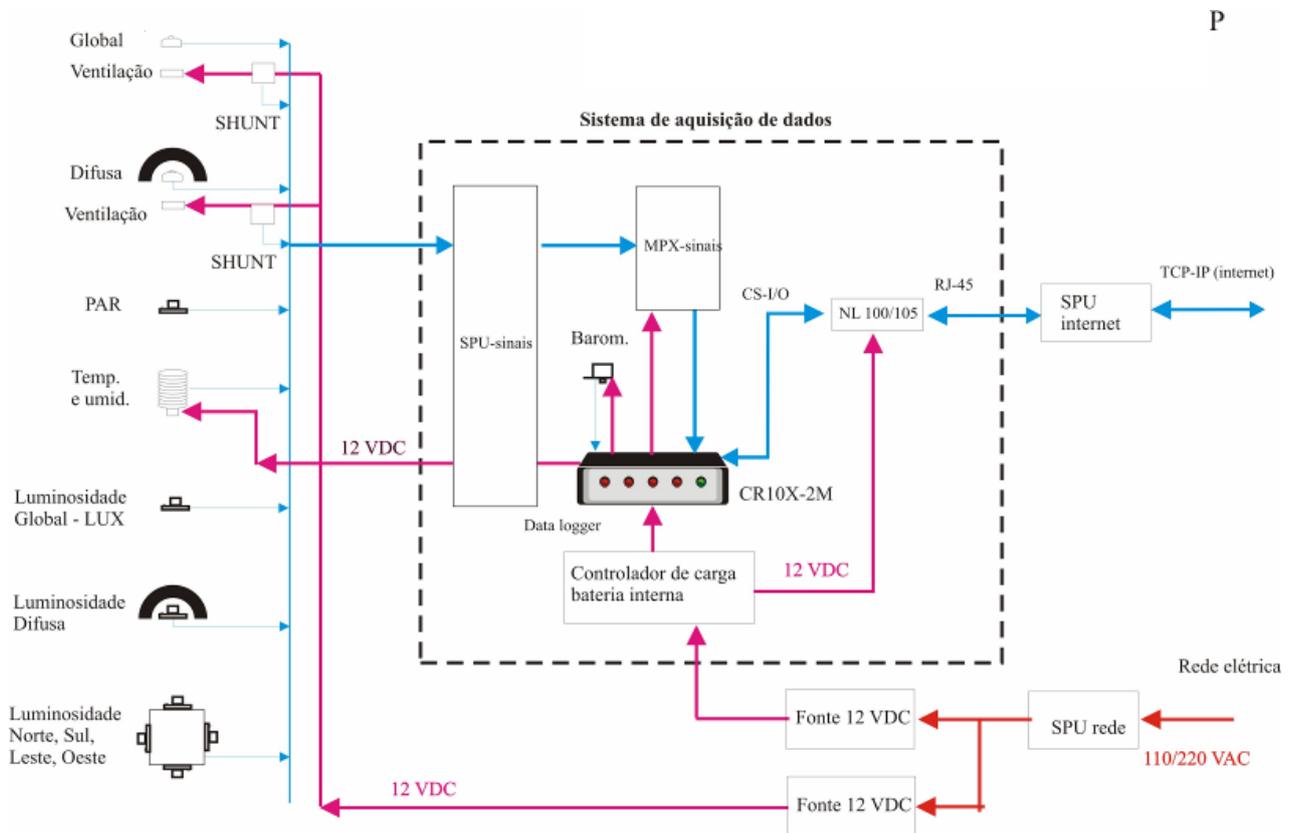


Fig. 6 – Projeto da cadeia de medição da estação solarimétrica e de índice de luminosidade.

4. AQUISIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA ESTAÇÃO

Em meados de 2006 os equipamentos importados finalmente chegaram à Natal e foram guardados no LAVAT. Na Fig.7 são apresentados alguns elementos da cadeia de medição da Estação. Imediatamente, iniciaram-se os entendimentos entre a chefia do INPE-CRN e os pesquisadores da UFRN para configuração do sistema de coleta e difusão de dados.



Fig. 7 – Componentes da cadeia de medição: (a) sensor de radiação; (b) sensor de iluminação; (c) multiplexador de sinais; (d) medidor de vento.

Os equipamentos adquiridos com recursos do Projeto RePEESC constavam de: 1 sensor de radiação solar global, 1 sensor de radiação solar global, 1 sensor de luminosidade global, 1 sensor de luminosidade difusa, 4 sensores de luminosidade direcional (N-S-L-O), 1 anemômetro, 1 medidor de pressão, 1 sistema de multiplexação de sinais de 32 canais e cabos para alimentação e transmissão de dados.

5. MONTAGEM DA ESTAÇÃO

Com apoio do INPE-CRN e a aprovação do INPE-SJC, foram adicionados outros equipamentos à estação, entre eles: 1 medidor de umidade, 1 pluviômetro, , computador para aquisição e registro dos dados, acessórios para compor o sistema de transmissão de dados e 1 medidor PAR (photosynthetically active radiation).

Para montagem dos equipamentos, o INPE-SJC designou os Técnicos Jorge Nogueira, Jorge Melo e João Gualberto de Cerqueira Jr. (do INPE-CRN). Os Técnicos Tércio Luiz Penha e Edmilson Lopes da Silva (INPE-CRN - , do LAVAT, além de membros do RePEESC participaram das atividades.

A montagem teve início em 16/04/2007, foi concluída em 19/04/2007 e passou a operar fornecendo dados ao Projeto SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais) em 20/04/2007. Na Fig.8 são mostrados excertos das atividades realizadas naquele período.



Fig. 8 –Montagem dos equipamentos da Estação Solarimétrica de Natal.

Na Fig.9 vê-se uma montagem fotográfica em 180° da estação. Na Tab. 1 constam os equipamentos que constituem a configuração final da estação. Na Tab.2 apresentam-se as coordenadas do local de instalação.



Fig. 9 – Estação Solarimétrica de Natal.

Tab.1 – Constituintes da Estação Solarimétrica de Natal-RN.

ITEM	DESCRIÇÃO	FABRICANTE	CÓDIGO	Nº DE SÉRIE	AQUISIÇÃO
1	Datalogger	Campbell	CR10X	SN X33699	Sonda
2	Wiring Painel	Campbell		SN 23612	Sonda
3	Power Suppy	Campbell	PS512M	SN 1663	Sonda
4	Shadow Ring	Kipp&Zonen	CM121B	SN 20187	Sonda
5	Aspirated Radiation Shield	RM Young			Sonda
6	Temp/RH	RM Young	41372VC	SN 7263	Sonda
7	Piranômetro	Kipp&Zonen	CM11	SN 27986	Sonda
8	Ventilation Unit	Kipp&Zonen	CV2	SN 20305	Sonda
9	Pluviômetro	Hydrological Services	TB4	SN 02-71	Sonda
10	PAR Sensor	Kipp&Zonen	Par Lite	SN 20354	Sonda
11	Multiplexer	Campbell	AM16/32	SN 8347	RePEESC
12	Pressure Transmitter	Vaisala	PTB101B	SN A4110019	RePEESC
13	Piranômetro	Kipp&Zonen	CM11	SN 58912	RePEESC
14	Ventilation Unit	Kipp&Zonen	CV2	SN 50701	RePEESC
15	Network Link Interface	Campbell	NL100	SN 2872	RePEESC
16	Photometric	Li-Cor	PH	SN 7961	RePEESC
17	Photometric	Li-Cor	PH	SN 7962	RePEESC
18	Photometric	Li-Cor	PH	SN 7963	RePEESC
19	Photometric	Li-Cor	PH	SN 7964	RePEESC
20	Photometric	Li-Cor	PH	SN 7965	RePEESC
21	Shadow Ring	Kipp&Zonen			RePEESC
22	Anemômetro	RM Young	05106-MA		RePEESC

Tab. 2 – Coordenadas da estação.

LATITUDE	5.8367 S
LONGITUDE	35.2065 W
ALTITUDE	58 m – incluindo a elevação da caixa d'água de (13 m) e 3 m do cano do anemômetro)
ENDEREÇO	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Centro Regional do Nordeste Rua Carlos Serrano, 2073 - Lagoa Nova Natal - RN - Brasil - CEP. 59.076-740 Fone: 55 84 3231 4733 - R. 221 Fax: 55 84 3231 4941 http://www.crn2.inpe.br/lavat/climatologica.php

6. COLETA, REGISTRO E DIFUSÃO DE DADOS

O acesso dos dados armazenados no datalogger é obtido através da interface de rede NL100. O programa do datalogger prevê a leitura dos sinais de irradiação global, difusa, par, iluminação, velocidade e direção do vento a cada segundo. A cada minuto são realizados registros das indicações dos sensores de iluminação nas direções norte, sul, leste, oeste, global e difusa, pressão atmosférica, temperatura e umidade do ar, precipitação e as voltagem dos ventiladores de arrefecimento dos radiômetros.

A cada minuto são realizados cálculos dos valores médios, máximos, mínimos e desvios padrão dos valores das radiações. Os resultados são armazenados juntamente com as informações de data, temperatura do ar, umidade, pressão atmosférica, precipitação acumulada e a direção/velocidade do vento. Também serão armazenados a cada minuto as médias das medições dos sensores de iluminação (N-S-L-O, global e difusa). Ainda existem dados diários que contemplam máximos e mínimos da temperatura, o mínimo da umidade, a velocidade máxima e a direção do vento e a precipitação acumulada. Para acesso aos dados, o usuário deve buscar por <http://www.crn2.inpe.br/lavat>, que abre a página do INPE-CRN, conforme mostrado na Fig.10.

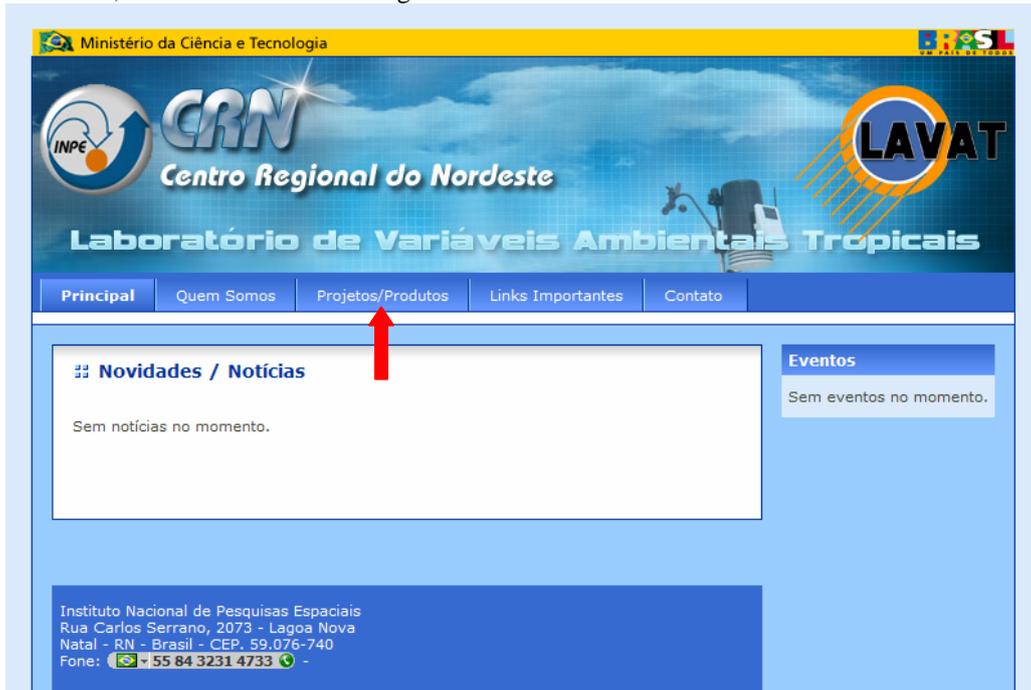


Fig. 10 – Página do INPE – CRN, com acesso ao LAVAT.

Ao acessar “**Projetos/Produtos**”, passa-se diretamente à janela apresentada na Fig. 11. Nela, opta-se por “**Dados Disponíveis**”, passando-se a janela seguinte (ver Fig.12).



Fig. 11 – Página do LAVAT – INPE – CRN.

Ao acessar a janela apresentada na Fig.12, escolhe-se “Estação Climatológica”, que permite chegar à janela de seleção de variáveis (ver Fig.13).

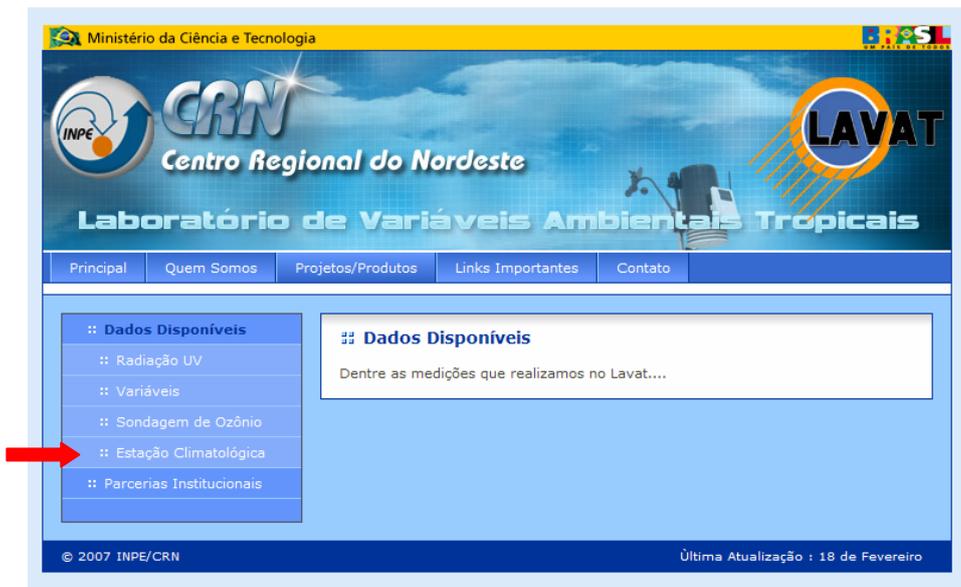


Fig. 12 – Página do LAVAT, opção **DADOS DISPONÍVEIS**.

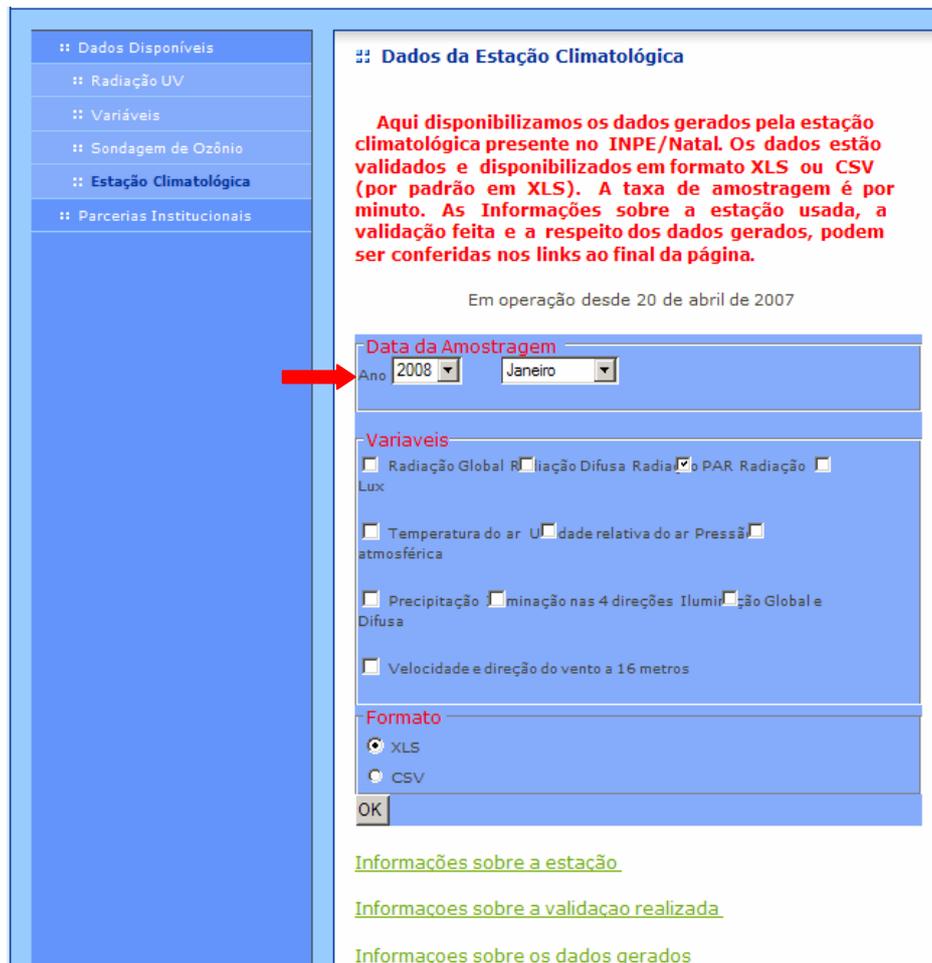


Fig. 13 – Janela de seleção de variáveis da estação.

Nessa janela (Fig.13) escolhem-se **Data da Amostragem** (ano e mês), **Variável(is)** e o **Formato** (XLS ou CSV). O arquivo é aberto e disponibilizado para cópia. Deve-se lembrar que, como a coluna de tempo encontra-se em MIN, para visualização dos dados é necessário rolar a planilha até cerca de 290 min, que corresponde à cerca de 4h50min, quando os primeiros raios de sol surgem em Natal. Na Fig.14, apresenta-se o resultado de uma busca por dados de radiação **PAR** no mês de **Janeiro** de **2008**.

Microsoft Excel - 2008_1[1].xls

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda Adobe PDF

Arial 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Ano	Dia	Minuto	Media_Par	Padrao_Pa	Max_Par	Min_Par					
2	2008	1	298	1,282	0,101	1,304	0,652					
3	2008	1	299	10,75	71,9	562,7	1,304					
4	2008	1	300	2,19	0,286	2,608	1,304					
5	2008	1	301	2,662	0,121	2,934	2,608					
6	2008	1	302	9,51	46,42	366,1	2,608					
7	2008	1	303	4,108	0,293	4,89	3,912					
8	2008	1	304	5,14	0,201	5,542	4,564					
9	2008	1	305	6,042	0,467	6,52	5,216					
10	2008	1	306	29,94	175,4	1377	6,52					
11	2008	1	307	8,26	0,479	9,13	7,82					
12	2008	1	308	9,64	0,533	10,43	8,8					
13	2008	1	309	26,2	115,8	915	10,11					
14	2008	1	310	12,62	0,505	13,37	11,74					
15	2008	1	311	14,28	0,437	15,32	13,37					
16	2008	1	312	16,18	0,542	16,95	15,32					
17	2008	1	313	17,96	0,53	18,58	16,95					
18	2008	1	314	19,6	0,642	20,86	18,26					
19	2008	1	315	21,74	0,732	23,15	20,86					
20	2008	1	316	25,1	1,278	27,38	23,15					
21	2008	1	317	29,42	1,205	31,3	27,38					
22	2008	1	318	32,34	0,673	33,58	31,3					
23	2008	1	319	34,83	0,922	36,51	33,58					
24	2008	1	320	37,24	0,517	37,82	36,51					
25	2008	1	321	38,36	0,482	39,12	37,82					
26	2008	1	322	41,08	1,279	43,36	39,12					
27	2008	1	323	46,63	1,816	49,55	43,68					
28	2008	1	324	51,96	0,989	53,46	49,55					
29	2008	1	325	54,15	0,616	55,09	53,46					
30	2008	1	326	56,6	1,015	58,35	54,77					

Fig. 14 – Planilha de dados de radiação PAR correspondente ao mês de Janeiro de 2008.

Com base nos dados obtidos via Estação, já foi possível, entre outros trabalhos, levantar os perfis das componentes global e difusa da irradiação solar global em Natal entre 2007 e 2008 (ver Fig.15). Na Fig.16, apresenta-se a curva da irradiância solar global máxima para 1° de janeiro de 2008, onde o pico ocorreu por volta das 11h00, atingindo 1.085 W/m².

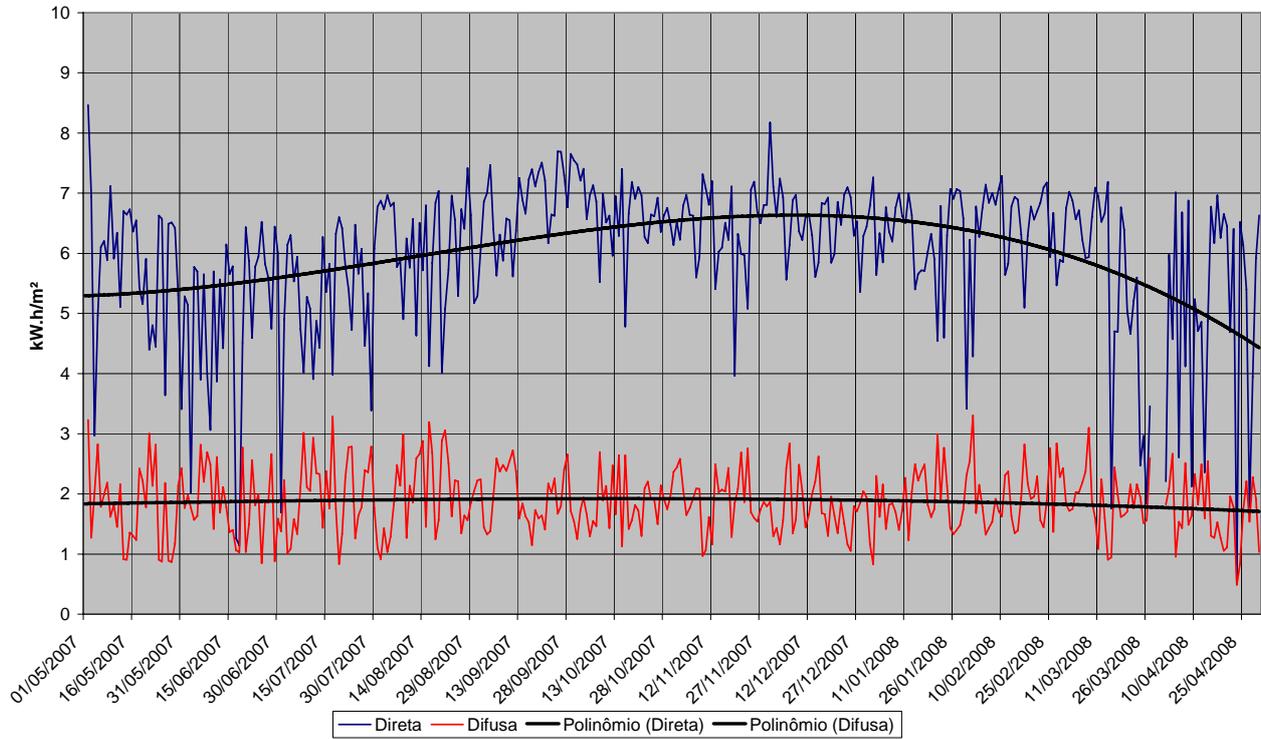


Fig.15 – Comparação entre médias global e difusa da irradiação solar global em Natal-RN entre 01/05/2007 e 25/04/2008.

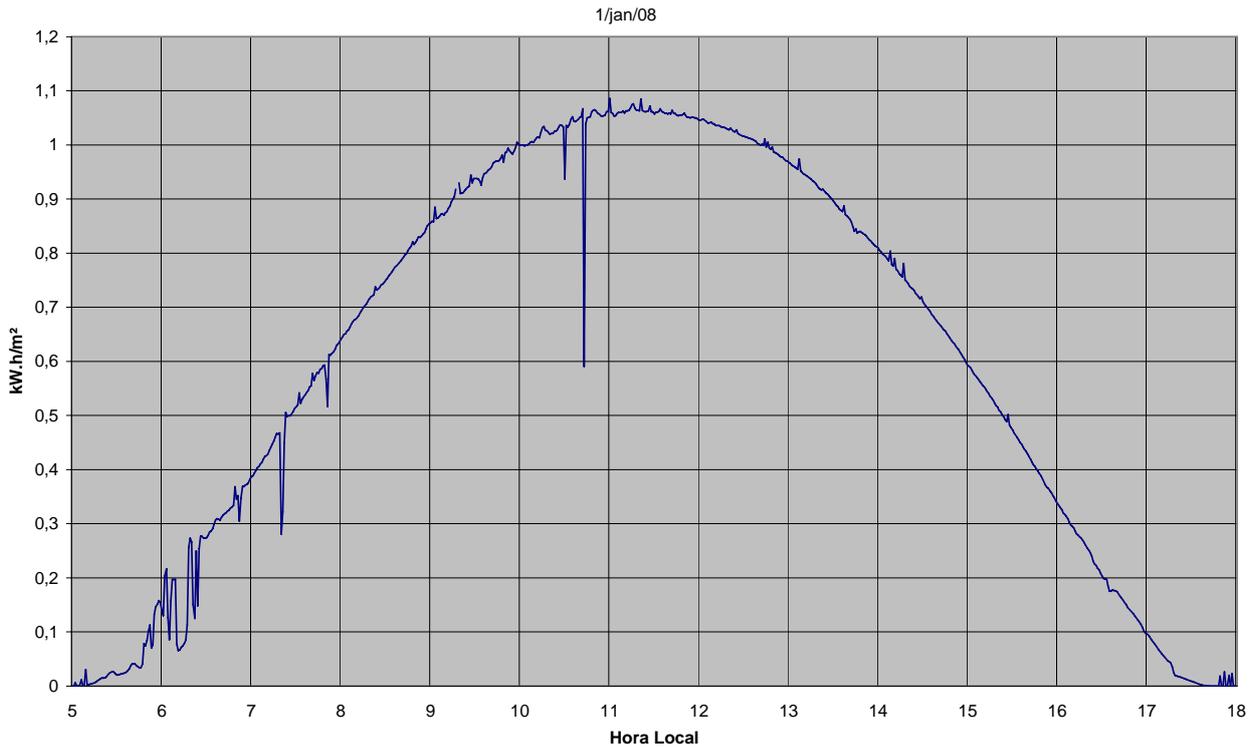


Fig. 16 – Curva da irradiância solar global máxima em 1º de janeiro de 2008.

7. CONCLUSÕES

O livre acesso à informação foi o fator que determinou a configuração do sistema de coleta e armazenagem de dados da Estação Natal. No biênio 2008 – 2009, os autores estarão empenhados em: complementar os equipamentos da Estação, particularmente na adaptação de um mecanismo de rastreamento do Sol, ora em desenvolvimento pelo Prof. Francisco das Chagas Mota (Dept. de Engenharia de Computação e Automação da UFRN); adquirir, instalar e fazer funcionar sistema de medição da radiação ultravioleta; implantar um programa de calibração dos sensores da estação; reativar a Estação Solarimétrica de Caicó – RN, disponibilizando seus dados para acesso livre e gratuito na internet, seguindo os moldes da Estação Natal, contando para isso com apoios do Dr. Enio Bueno Pereira (INPE-SJC), do Dr. Sylvio Mantelli Neto e do Eng. M.Sc. João Gualberto de Cerqueira Jr. (INPE-CRN); e desenvolver projetos de pesquisa com apoio da Dra. Neusa Paes Leme, que se transferirá do INPE-SJC para o INPE-CRN. Espera-se que, ao final do biênio, a estação seja integrada aos projetos SWERA (Solar and Wind Energy Resources Assessment) e IDMP (International Daylight Measurement Programme). O teto do LTC será aproveitado para instalação de uma mini-estação climatológica (ver Fig. 17).



Fig. 17 – Mini-estação climatológica (a ser instalada no teto do LTC – UFRN).

Autorizações e reconhecimentos

Os autores autorizam a publicação deste trabalho pela ABENS, bem como a livre difusão por quaisquer meios e assumem toda responsabilidade sobre o conteúdo do mesmo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP, pelo financiamento da pesquisa, ao Dr. Enio Bueno Pereira (INPE-SJC), Dr. Silvio Mantelli (UFSC), Dr. Paulo Nobre (INPE-SJC), Dr. João Braga, Dr. Karel Vanicek / CHMI (Czech Hydrometeorological Institute Solar and Ozone Observatory), Prof. Roberto Lamberts (UFSC), Arq. Leonardo Jorge Brasil de Freitas Cunha, Eng. Luciano André Cruz Bezerra, Técnicos Jorge Nogueira e Jorge Melo (INPE-SJC), Eng. João Gualberto de Cerqueira Jr. (INPE-CRN), Técnicos Tércio Luiz Penha e Edmilson Lopes da Silva (INPE-CRN) e ao CNPq pela bolsa de I.C.

8. REFERÊNCIAS

- Goldemberg, J., Villanueva, L. D., 2003. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo, EDUSP, 225 p.
- Pereira, E. B., Martins, F.R., Abreu, S.L. e Rüter, R., 2006. Atlas brasileiro de energia solar. S.J. Campos, INPE, 60 p.
- Tevini, M., 1993. UV-B radiation and ozone depletion: effects on humans, animals, plants, microorganisms and materials. Boca Raton, Lewis Publishers, 248 p.

IMPLANTATION OF THE SOLARIMETRIC STATION OF NATAL-RN-BRAZIL

Abstract. *The union of effort between the universities UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte), UFCG (Universidade Federal de Campina Grande), UFAL (Universidade Federal de Alagoas) and the National Institute of Space Research – INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), together with the support of fund agency to projects and researchs FINEP (Agência Financiadora de Projetos e Pesquisas) and UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), it became possible to fit out the solarimetric station of Natal – RN, in 2007. Initially just a part of a research project concerning with energy efficiency in buildings, the station rise up in importance and currently it constitutes and independent project which have other aggregate projects. In the present work are presented the sequence of its implantation, the current stage and the perspectives to the future.*

Key words: solar radiation, solarimetric station, data collection and diffusion.