

RICARDO ANDRÉ FIOROTTI PEIXOTO

**DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE CONCRETO LEVE DE ARGILA EXPANDIDA
APLICADAS A COBERTURAS DE INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO ANIMAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P379d Peixoto, Ricardo André Fiorotti, 1973-
2004 Desenvolvimento de placas de concreto leve de argila
expandida aplicadas a coberturas de instalações para
produção animal / Ricardo André Fiorotti Peixoto.
– Viçosa : UFV, 2004.
xiv, 157f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Ilda de Fátima Ferreira Tinoco.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 100-107.

1. Construções rurais - Aquecimento e ventilação.
2. Materiais de construção. 3. Resíduos como material
de construção. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 636.0831

RICARDO ANDRÉ FIOROTTI PEIXOTO

**DESENVOLVIMENTO DE PLACAS DE CONCRETO LEVE DE ARGILA EXPANDIDA
APLICADAS A COBERTURAS DE INSTALAÇÕES PARA PRODUÇÃO ANIMAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

APROVADA: 14 de dezembro de 2004.

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Conselheiro)

Prof Jadir Nogueira da Silva
(Conselheiro)

Prof. José Roberto Oliveira
CEFET - ES

Pesquisador Sérgio Maurício Donzeles
EPAMIG

Profª Ilda de Fátima Ferreira Tinôco
(Orientadora)

A meus filhos Bernardo e Clara, pela renúncia dos dias e das noites ausentes, à minha fiel escudeira, Sandra, pelo apoio incondicional, a meus pais pelo exemplo de luta humildade e perseverança.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir sonhar e realizar estes sonhos.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola - UFV.

Ao Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Engenharia Civil representado na figura do Prof. Lauro Gontijo pela boa vontade e disponibilização de suas instalações e pessoal técnico.

À professora Ilda Tinôco, em primeiro lugar, por acreditar que seríamos capazes de produzir um trabalho como o realizado, pela orientação, pela amizade, pela rigidez necessária, compreensão e pelos ensinamentos recebidos durante nosso estreito convívio. Por sua integridade, caráter e simplicidade, qualidades estas que serviram-me de exemplo para a difusão de sua filosofia e oportunidade para meu aprimoramento intelectual e moral.

Ao professor Fernando Baêta, pela paciência e disponibilidade a meus insistentes pedidos e interrupções em sua agenda. Pela constante atenção, confiança, ensinamentos, conselhos e lições.

Ao Professor Jadir Nogueira Silva, pela atenção, disponibilidade e cooperação na

condução deste trabalho e de outros realizados.

Ao Professor Sérgio Zolnier, Prof. Rolf Jentzsch, Prof. Antônio Tibiriçá, Prof. Evandro, Prof. Antônio Matos pelos ensinamentos e colaboração para a condução deste trabalho.

Ao Eng. Lauro Franklin pela parceria sempre presente e impreterível e disponibilização para a condução deste e de trabalhos futuros.

Ao amigo Paulo Emílio pelo auxílio na condução das empreitadas de campo.

Ao Eng. Rui, pelo acompanhamento e auxílio nas providências emergenciais.

Aos amigos Ricardo Brauer e Marcelo Cordeiro.

Aos funcionários Galinari, Edna, Juversino pelo apoio.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

UMA EPÍGRAFE

“A altura dos meus objetivos não me apavorará, embora possa tropeçar freqüentemente antes de alcançá-los. Se tropeçar levantar-me-ei e minhas quedas não me preocuparão, pois todos os homens devem tropeçar muitas vezes para alcançar a glória. Apenas o verme é livre da preocupação de tropeços. Eu não sou um verme. Que outros construam uma caverna com seus barros. Eu construirei um castelo com o meu.

Subirei a montanha do hoje com o extremo de minha capacidade, amanhã subirei mais alto do que hoje e, no dia seguinte mais alto que na véspera. Superar os feitos dos outros é importante... superar meus próprios feitos é tudo.

E assim como o vento quente conduz o trigo à natureza, o mesmo vento levará minha voz aos que me darão ouvido e minhas palavras anunciarão meus objetivos. Uma vez pronunciadas não ousarei recordá-las para que não percam a expressão. Serei meu próprio profeta, e, embora todos possam rir de minhas alocuções eles ouvirão meus planos, conhecerão meus sonhos; e assim não haverá saída para mim até que minhas palavras se tornem feitos realizados.

Hoje centuplicarei meu valor.

Não cometerei o terrível crime de aspirar pouco demais.

Executarei o trabalho que o fracasso não executará.

Sempre deixarei o meu desígnio exceder a minha compreensão.

Jamais me contentarei com o meu desempenho profissional.

Sempre elevarei meus objetivos tão logo os atinja.

Sempre me esforçarei para fazer a próxima hora melhor do que a hora presente.

Sempre anunciarei meus objetivos ao mundo.

Contudo, jamais proclamarei minhas realizações.

Deixarei, ao contrário, que o mundo se aproxime de mim com louvores e que eu possa ter a sabedoria de recebê-los com humildade”.

(OG MANDINO, 1977:62)

BIOGRAFIA

RICARDO ANDRÉ FIOROTTI PEIXOTO, filho de Wilson Soares Peixoto e Geralga Fiorotti Peixoto, natural de Coronel Fabriciano, nasceu em 4 de janeiro de 1973.

Em 1996 graduou-se em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais.

Em 1998 foi selecionado para o corpo docente da Universidade Federal de Juiz de Fora, lotado na Faculdade de Engenharia, Departamento de Transportes.

Em 1999 obteve o título de Magister Scientiae em Engenharia Civil pelo Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

Em 2000 ingressou como aluno do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, para doutoramento na área de Construções Rurais e Ambiente.

Em 2004 foi selecionado para o corpo docente do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – UnilesteMG, lotado no Centro de Ciências Exatas, Departamento de Engenharia de Materiais.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Ambiente de produção animal	4
2.2. Instalações para produção animal	4
2.3. O animal	5
2.4. Parâmetros ambientais de projeto de uma instalação para produção animal	6
2.5. Índices de conforto	7
2.5.1. Temperatura absoluta do ar (Tbs)	7
2.5.2. Temperatura de globo negro (Tgn)	8
2.5.3. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)	8
2.5.4. Carga térmica de radiação (CTR)	9
2.6. Teoria da similitude	10
2.7. Concreto leve	11
2.7.1. Agregados e proporcionamento dos concretos leves para estruturas	14
2.7.1.1. Agregados porosos	14
2.7.1.2. Composição granulométrica e fabricação de concretos leves	16
2.7.2. Fluxo de esforços no concreto leve	17
2.7.3. Classes de concreto leve	18
2.7.4. Principais diferenças entre as propriedades do concreto leve e do concreto normal	19
2.7.4.1. Resistência à tração	19
2.7.4.2. Resistência a carregamento em área parcial	21
2.7.4.3. Resistência à aderência	21
2.7.4.4. Expansão, retração e deformação lenta	22
2.7.5. Comportamento térmico do concreto leve	23
2.7.6. Proteção de armaduras contra a corrosão	24
2.8. Aditivos	25
2.9. Elementos de cobertura	26
2.9.1. Telhas de cimento amianto	27
2.9.2. Telhas de barro	27
2.9.3. Telhas de concreto leve de argila expandida	27
2.9.4. Placas de concreto armado	28
2.9.4.1. Classificação das placas	28
2.9.4.2. Prescrições normativas NBR6118/82	28
2.9.4.2.1. Critério da esbeltez	29
2.9.4.2.2. Critério da deformação (limitação flecha máxima)	29
2.9.4.2.2.1. Cálculo de deformações em placas carregadas pelo Processo das Grelhas	30
2.9.4.3. Moldagem e cura	34
2.10. Instalações para produção animal	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1. Determinação das propriedades físicas dos materiais e metodologias	36

3.2	Moldagem das telhas de concreto leve	38
3.2.1	Permeabilidade	41
3.3	Execução das telhas em concreto leve e avaliação do comportamento térmico e funcional	42
3.4	Coleta dos dados para a condição de verão e inverno	49
3.5	Modelos experimentais	51
3.6	Instrumentação	55
3.7	Elementos de cobertura	58
3.8	Delineamento estatístico	59
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.1.	Concreto leve de argila expandida	61
4.1.2.	Permeabilidade	65
4.1.3.	Desempenho térmico	65
4.2.	Modelos experimentais	66
4.2.1.	Análise de Variância	67
4.2.2.	Teste de Médias - Umidade Relativa (UR) - Verão	68
4.2.3.	Teste de Médias - Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) - Verão	72
4.2.4.	Teste de Médias - Temperatura de Globo Negro (Tgn) - Verão	75
4.2.5.	Teste de Médias - Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) - Verão	78
4.2.6	Teste de Médias – Carga térmica de radiação (CTR) - Verão	81
4.2.7	Teste de Médias - Umidade Relativa (UR) - Inverno	84
4.2.8	Teste de Médias - Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) - Inverno	86
4.2.9	Teste de Médias - Temperatura de Globo Negro (Tgn) - Inverno	89
4.3	Análise de viabilidade econômica.	91
4.3.1	Telhas fibrocimento	91
4.3.2	Telhas cerâmicas	91
4.3.3	Telhas concreto leve argila expandida	91
4.3.3.1	Composição de custo	91
4.3.4	Fabricação em escala industrial	92
5.	CONCLUSÕES	95
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
APÊNDICE 1.	Ensaio de compressão e massa específica seca úmida	108
APÊNDICE 2.	Médias horárias, Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Velocidade do Ar (Var) para os tratamentos Externo, Concreto Leve (LWC), Fibrocimento (Fcim) e Cerâmica (Cer) dos dados coletados para condição de VERÃO.	1121
APÊNDICE 3	Médias horárias, Temperatura de Bulbo Úmido (Tbu), Índice Temperatura Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) dos dados coletados para condição de VERÃO.	132
APÊNDICE 4	Médias horárias, Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Velocidade do Ar (Var), Índice Temperatura Globo Negro e Umidade (ITGUcor) para os tratamentos Concreto Leve (LWC), Fibrocimento (Fcim) e Cerâmica (Cer) dos dados coletados para condição de INVERNO.	143

APÊNDICE 5	Desempenho dos tratamentos para um dia típico de projeto. Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto aos índices Tgn e ITGU, no horário crítico de projeto. Médias horárias Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Velocidade do Ar (Var), Índice Térmico Temperatura e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR). Condições de VERÃO.	149
APÊNDICE 6	Desempenho dos tratamentos para um dia típico de projeto. Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto aos índices Tgn e ITGU, no horário crítico de projeto. Médias horárias Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Índice Térmico de Temperatura e Umidade (ITGU). Condições de INVERNO	154

RESUMO

PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti, D.S., Universidade Federal de Viçosa, Dezembro de 2004.

Desenvolvimento de placas de concreto leve de argila expandida aplicadas a coberturas de instalações para produção animal. Orientadora: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Conselheiros: Fernando da Costa Baeta, Jadir Nogueira da Silva, Paulo Roberto Cecon, Sérgio Zolnier.

A atividade produção animal no Brasil, tem ocupado um espaço, a cada dia, de maior relevância em nosso panorama econômico, elevando nossos escores no ranking das exportações, estreitando relações comerciais, que viabilizam novos negócios em outros ramos da economia e das relações internacionais. Um dos exemplos tem sido a avicultura brasileira, que somente no mercado de matrizes de corte, a evolução foi de 65,7% entre 1993 e 2003, (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2004), e outro a suinocultura, que apresentou, no ano de 2003, crescimento de 12,4% (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2004). Ao desenvolvimento da atividade industrial de produção animal, soma-se um aumento crescente dos custos com energia, quer seja elétrica, térmica ou fóssil. Na busca para o atendimento da atual conjuntura, onde somatizam-se fatores relativos a desempenho produtivo e eficiência energética, aliados a aspectos sanitários e de qualidade cada vez mais restritivos, desenvolvem-se novos projetos e iniciativas que visem a otimização do processo como um todo, tornando a atividade produtiva agroindustrial competitiva e viável aos padrões nacionais e internacionais. Tendo conhecimento que considerável parcela da quantidade de calor detectado no interior de uma instalação de produção animal é proveniente dos elementos de cobertura, propôs-se com este trabalho, a alternativa do emprego do material concreto leve de argila expandida, dosado e executado de maneira a viabilizar a moldagem de telhas com geometria apropriada, capaz de atender às demandas de conforto e técnicas para essas instalações. Este trabalho de pesquisa foi realizado no município de Viçosa - Minas Gerais, na área experimental do setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola- DEA, e no Laboratório de Engenharia Civil

– LEC, Universidade Federal de Viçosa. Os modelos utilizados foram executados em escala 1:12, JENTSCH (2002), locados de forma que sua linha de cumeeira estivesse sob a direção leste-oeste, dotados de três tipos de coberturas diferentes: telhas em concreto leve de argila expandida (LWC), telhas em fibrocimento (Fcim) e telhas cerâmicas (Cer). Para a determinação dos parâmetros térmicos empregados, foram coletados em períodos determinados, a partir de um sistema digital de coleta de dados (dataloggers), informações a cada 10min, que constituíram as médias horárias para análise de desempenho proposta. Almejando a melhoria de desempenho das instalações para produção animal, do ponto de vista do conforto térmico, em condições de verão e inverno, propôs-se com este trabalho uma metodologia executiva de fabricação e montagem de telhas em concreto leve de argila expandida com o objetivo de demonstrar que coberturas executadas em placas de concreto leve de argila expandida, podem representar solução técnica, viável do ponto de vista econômico e de conforto térmico ambiente.

ABSTRACT

PEIXOTO, Ricardo André Fiorotti, D.S., Universidade Federal de Viçosa, December 2004.

Development of shapes in light weight concrete applied to covering facilities for animal production. Adviser: Ilda de Fátima Ferreira Tinôco. Committee Members: Fernando da Costa Baeta, Jadir Nogueira da Silva, Paulo Roberto Cecon, Sérgio Zolnier.

Animal production has steadily gained importance in Brazil's economy, raising exportation, strengthening commercial relations, and making new businesses possible in other branches of the economy and the international relations. Some of the examples of this are the Brazilian poultry keeping, which has grown 65,7% between 1993 and 2003 only in the market of laying hens, (AVICULTURA INDUSTRIAL, 2004), and the pig keeping, that has grown 12,4% in 2003 (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2004). The development of the industrial activity of animal production has as an immediate consequence the increase of the costs with energy (electric, thermal or fossil). In order to fulfill the current demands, which involve productive performance and energetic efficiency as well as the increasingly more restrictive sanitary and quality, new projects and initiatives have been developed aiming at the enhancing of the process as a whole, making the agro-industrial activity more competitive nationally and internationally. A great deal of the heat detected in the interior of an animal production facility comes from its covering elements. Thus, this work proposes the alternative of the use of the light expanded clay concrete, dosed and executed so that it is possible to mold the roof tiles with appropriate geometry, able to conform to the comfort and technique demands for these constructions. This research was carried out in the city of Viçosa - Minas Gerais, in the experimental area of the Farm Constructions and Environment of the Department of Agricultural Engineering (DEA), and in the Laboratory of Civil Engineering - LEC, Federal University of Viçosa. The models used in this research were made in scale 1:12, JENTSCH (2002), located so that their ridges were on the east-west direction. Their roofs were made of three different materials: roofing tiles of light

concrete with expanded clay (LWC), roofing tiles of asbestos-cement (Fcim) and ceramic roofing tiles (Cer). In order to determine the thermal parameters to be used, data were collected in pre-fixed periods of 10 minutes each, using a digital system of collecting data (dataloggers). This information was used to create a the hourly means for the analysis of the performance of the roof tiles. This work proposes a methodology for the production and assembly of roof tiles in light concrete with expanded clay aiming the improvement of the performance of the animal production facilities concerning thermal comfort factors for summer and winter situations. It also intends to demonstrate that roofs made using expanded clay can represent a technical and feasible solution, in both economic and comfort point of view.

1. INTRODUÇÃO

Entre os principais determinantes do sucesso de um empreendimento para produção animal estão aqueles relacionados ao ambiente a que estarão submetidos os indivíduos alojados, quais sejam aves, suínos, ovinos, caprinos ou bovinos. Em regiões de climas tropicais e subtropicais, os altos valores de temperatura e umidade relativa do ar constituem fatores limitantes ao pleno desenvolvimento da produção e reprodução animal.

O fato é que a maioria dos animais domésticos são homeotermos, ou seja, necessitam manter a temperatura interna do corpo em níveis relativamente constantes, mesmo que isso represente relevantes compensações fisiológicas. Assim, quando a temperatura ambiente assume valores diferentes da zona de termoneutralidade própria de cada espécie (a qual pode variar conforme idade, sexo, peso, adaptabilidade, dentre outros fatores), imediatamente entram em funcionamento processos fisiológicos que acionam o mecanismo termorregulador deste animal em função dos níveis de estresse por frio ou calor. Estes processos são acompanhados de prejuízos no desempenho produtivo e reprodutivo do animal, sendo que o consumo energético é consideravelmente maior quando o animal está submetido a condições de estresse causadas pelo frio, TINOCO (1996).

Segundo SILVA et al (1990), nos períodos de inverno, o incremento das temperaturas e sua manutenção no interior das instalações favorecem o desenvolvimento produtivo dos animais. Porém, se a temperatura do ar assume valores abaixo da zona termoneutra, o animal passa a consumir sua energia na manutenção da homeotermia, em detrimento da produção. A mesma queda produtiva verifica-se nos períodos quentes, com o incremento das temperaturas no interior das instalações.

Ainda em relação ao conforto térmico no interior de uma instalação, de acordo com MORAES (1998), para condições brasileiras, o sombreamento através de coberturas reduz entre 20 e 40% da carga térmica de radiação no interior de instalações para animais. BOND et al (1961), mediram a radiação térmica recebida de várias partes da instalação, que envolviam um animal à sombra, e concluíram que 28% da carga térmica radiante provinha do céu; 21% do material de cobertura; 18% da área não sombreada e 33% da área sombreada. Essas afirmações mostram que a quantidade de carga térmica de radiação, que atinge o animal, devido ao material de cobertura e sua sombra, chega a ser mais de 50% da radiação térmica total. Assim, a principal proteção contra a insolação direta, objetivando amenizar a situação de

desconforto térmico ambiental, pode ser conseguida com a utilização de coberturas adequadas, RIVERO (1986).

Dessa forma, o material de cobertura constitui um dos principais elementos no conforto térmico ambiental. As coberturas convencionalmente utilizadas no Brasil são as compostas por telhas cerâmicas, de cimento amianto e metálicas as quais, associadas a outros elementos, podem ser mais ou menos eficientes quando analisadas do ponto de vista térmico. A maioria dessas associações, contudo, ainda deixam a desejar do ponto de vista operacional e de custos, uma vez que exigem tecnologias nem sempre compatíveis com aspectos de higienização, durabilidade, resistência a impactos, comportamento térmico, viabilidade econômica e normas ambientais.

De acordo com MORAES (1998), o material ideal para cobertura deve ser leve, impermeável, resistente às intempéries, isolante térmico, resistente mecanicamente, de fácil manuseio e montagem, bom aspecto estético e baixo custo.

Entre os materiais convencionais, destacam-se as coberturas em telhas cerâmicas, as quais necessitam mão de obra especializada, estrutura e acabamentos que representam elevado custo. Outros problemas como higienização das instalações e controle de vetores também são comuns nas coberturas cerâmicas, embora este material tenha um comportamento térmico razoavelmente bom.

As telhas metálicas podem ser de chapas de alumínio ou aço galvanizado. As telhas de alumínio têm aparência, trabalhabilidade e resistência à corrosão superiores às de aço, embora com menor resistência mecânica. Quando novas, as telhas metálicas possuem boa reflexão e alta condutividade térmica, contudo apresentam grande emissão de ruídos quando submetidas a impactos mecânicos provenientes de chuvas ou ação de ventos, o que representa um potencial estressante para os animais alojados. Adicionais inconvenientes são a baixa resistência mecânica, grande dilatação térmica e alto nível de condensação de umidade nas madrugadas, o que conduz ao aumento de umidade no interior dos galpões, MORAES (1998).

As telhas de cimento amianto, apresentam relação de custo-benefício satisfatória relativa aos parâmetros resistência mecânica e durabilidade. Apresenta baixa resistência térmica, relativa estanqueidade e boa resistência aos ácidos comuns. As operações de fabricação e manuseio provocam severas consequências à saúde, além de outros problemas relativos à higienização das instalações e controle de vetores.

Em publicação recente, SCHARF (2000) afirma que as telhas de fibrocimento ou cimento amianto têm sua utilização proibida em mais de 42 países e sua utilização tem sido combatida no Brasil por legislações de gestão ambiental. Além das restrições que se impõem no próprio território nacional, outros países onde a utilização do amianto é proibida estabeleceram restrições comerciais às atividades produtivas relacionadas ao seu emprego.

A energia radiante absorvida pelas coberturas transforma-se em energia térmica ou calor e parte desta energia, pode ser transmitida à superfície oposta através da condução; neste contexto, o isolamento térmico constitui um dos meios mais eficientes e econômicos de melhorar as condições ambientais de edificações em geral. A outra parte da energia absorvida pode ficar armazenada e, posteriormente, ser transferida para o meio, por processos de convecção e radiação, NÄÄS (1989).

Entre os materiais isolantes, cita-se a cinasita®, nome comercial dado a um agregado artificial produzido a partir da pelletização de determinado tipo de argila de propriedades expansivas que recebe tratamento térmico (CINEXPAN, 2004). Tendo em vista os aspectos anteriormente relacionados, bem como os conceitos de ambiência e engenharia de estruturas, e, partindo de uma minuciosa análise da atual situação das instalações para produção animal, do ponto de vista das coberturas, propôs-se com este trabalho a utilização do material concreto leve de argila expandida, moldado convenientemente em forma de placas, aplicado às coberturas de instalações para produção animal, objetivando-se acondicionamento térmico ambiente. Buscou-se obter o formato de uma telha em concreto leve que pudesse viabilizar a substituição imediata das telhas de cimento amianto e metálicas. O dimensionamento das telhas em concreto leve foi realizado em conformidade com critérios de engenharia, sem perder de vista os aspectos econômicos.

Considerando-se a relevância do aprimoramento e aperfeiçoamento do material de cobertura no desempenho das instalações para produção animal, este trabalho teve por objetivos:

- Desenvolver coberturas com telhas de concreto leve, que tem como agregado gráúdo argila expandida cinasita®, para utilização em instalações para produção animal;
- Determinar as características estruturais, mecânicas e de permeabilidade de telhas fabricadas em concreto leve;

- Determinar dos parâmetros de conforto térmico para instalações com coberturas em concreto leve, compará-los com as providas pelas coberturas convencionais em cimento amianto e cerâmica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Ambiente de produção animal

O ambiente de uma instalação define-se como o conjunto de fatores que interagem com o indivíduo alojado, direta ou indiretamente. Entre os fatores que causam maiores efeitos sobre o bem estar e a produção animal estão; temperatura, umidade, movimento do ar, e radiação térmica, BAÊTA e SOUZA (1997).

O ambiente interno de uma instalação caracteriza-se, principalmente, como função das condições externas, materiais empregados na construção, número de indivíduos alojados, espécie, tipo de manejo e das alterações impostas pelos equipamentos do sistema produtivo.

O ambiente animal, por sua vez, compreende todos os fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e climáticos que envolvem o animal, produzindo alterações no seu comportamento.

2.2. Instalações para produção animal

Para o desenvolvimento da atividade produtiva animal, é de interesse a manutenção da temperatura basal dos indivíduos alojados no interior das instalações. No caso das aves adultas, por exemplo, o ambiente no interior das instalações pode ser tido como confortável quando oferecer temperaturas de 15°C a 25°C, e umidade relativa do ar de 50% a 70%. Considerando que as condições climáticas brasileiras, apresentam médias anuais de temperatura entre 20°C e 25°C, sugerem-se que sejam envidados maiores cuidados relativos a intervenções que sejam capazes de minimizar os efeitos do estresse calórico sofrido pelos indivíduos alojados. Os cuidados tomados para a minimização do estresse calórico a que estarão submetidos os

indivíduos alojados não deve sobrepor os cuidados que também devem ser tomados quando da ocorrência de estresse por frio, TINÔCO (1996).

As temperaturas internas de uma instalação associadas à umidade relativa, influenciam a perda e o ganho de calor dos indivíduos alojados. À temperatura de 21°C, aproximadamente, as aves trocam calor sensível utilizando-se de processos termodinâmicos de radiação, convecção e condução. Para temperaturas acima desse limite, acima da termoneutralidade, a perda de calor pelas aves por via evaporativa (trato respiratório), sob a forma de calor latente aumenta, CURTIS (1983).

No Brasil, a quase totalidade das instalações destinadas à produção animal em geral são abertas, não possibilitando controle térmico de ambiente interno.

2.3. O animal

CARDOSO (1983), citado por TINÔCO (1996), indica que os fatores responsáveis pela baixa produtividade animal são climáticos e de manejo, em geral. Isso se reforça com as considerações feitas por HAHN e OSBURN (1969), citados por TINÔCO (1988), os quais comentam que o problema da criação de animais domésticos nos trópicos reside na eliminação do calor corporal para o ambiente, entretanto esse fator não se relaciona apenas a altas temperaturas, mas também a altos valores de umidade relativa e baixa movimentação do ar, o que dificulta o processo de dissipação de calor das aves.

Os fatores climáticos, temperatura e umidade estão diretamente relacionados ao conforto térmico animal. Em temperaturas muito elevadas, acima de 35°C, principal meio de dissipação de calor das aves é por evaporação, porém, essa evaporação tem sua eficiência atrelada à umidade relativa do ar, que não deve ultrapassar 75%, segundo FREEMAN (1969), citado por TINÔCO (1988).

É preciso que se obtenha um ambiente dentro da faixa de termoneutralidade para que os animais mantenham sua homeotermia apenas por compensações físicas, possibilitando garantir a produtividade em níveis econômicos.

Fora da zona de conforto os animais precisam se valer de compensações químicas. Estes ajustes são feitos em detrimento da sua produção e, ao invés de empregar os nutrientes para a síntese, os animais utilizam para produzir ou dissipar calor, no caso de estarem em ambientes com temperaturas mais frias ou mais quentes que a desejável, respectivamente (PENZ Jr., 1990).

2.4. Parâmetros ambientais de projeto de uma instalação para produção animal

O projeto de uma instalação para produção animal deve ser capaz de promover uma redução significativa das sensações de desconforto impostas pelas variações climáticas externas (calor, frio ou vento), além de proporcionar ambientes confortáveis quanto possíveis de formas que se estabeleçam índices de produtividade satisfatórios. A realidade brasileira da atividade de produção avícola, em sua maioria, desenvolve-se em instalações abertas, sem ambiente controlado.

O sucesso do emprego do acondicionamento térmico natural nas instalações avícolas brasileiras, deve estar fundamentado em fatores particulares a cada região, e às características intrínsecas dos indivíduos alojados nestas instalações. Podemos listar alguns aspectos relevantes:

- insolação (maior parcela de calor introduzida na instalação, principalmente através dos elementos de cobertura);
- calor interno (aves e equipamentos); e
- gradientes de variações térmicas promovidas pela transmissão de calor e movimentação de ar através das superfícies que limitam o ambiente da instalação (dia e noite).

Em função das variações climáticas observadas e referentes ao clima da maioria do território brasileiro, o acondicionamento térmico natural das instalações, relativamente ao controle do parâmetro temperatura, é possível, segundo COSTA (1982). Em regiões onde as condições climáticas são adversas, o procedimento de projeto apoiado nas premissas do acondicionamento natural, mesmo que para instalações fechadas, pode representar fator de viabilidade técnica e econômica para o empreendimento. De uma forma geral, para a solução das questões relativas ao acondicionamento térmico de uma instalação avícola, deve-se atender, inicialmente, as necessidades para o acondicionamento térmico natural, em função da realidade climática local da implantação do projeto, sendo que, apenas para os casos em que os parâmetros de conforto térmico não sejam alcançados, utilizem-se instalações dotadas de acondicionamento térmico artificial.

2.5. Índices de conforto

2.5.1. Temperatura absoluta do ar (Tbs)

O primeiro parâmetro indicador das características térmicas de uma região é a temperatura absoluta do ar (Tbs). A identificação das frequências de ocorrência de determinados níveis de temperatura em um microclima local, é de grande importância para o projeto e definição do manejo das instalações rurais. A temperatura média do ar indica em que medida as características médias do clima se afastam das condições de conforto, o que pode servir como partido inicial de um projeto de ambiência, RIVERO (1986).

Apesar de não ser a temperatura de bulbo seco, um parâmetro determinante para o projeto, os valores sugeridos por BAÊTA e SOUZA (1997) fornecem parâmetros importantes para o seu desenvolvimento, conforme apresentado à Tabela 1.

Tabela 1. Valores de temperaturas críticas para alguns animais.

	Animal	(TCI – °C)	(TCS – °C)	(ZCT – °C)
Recém nascido	boi	10	26	18 a 21
	ovelha	6	34	25 a 30
	galinha	34	39	35
Adulto	homem	23	37	32 a 34
	boi europeu	-10	27	-1 a 16
	boi indiano	0	35	10 a 27
	ovelha	-20	35	15 a 30
	galinha	15	32	18 a 28
0-2 dias 2-4 dias 4-7 dias 7-35 dias 35-50 dias terminação final gestação lactação	homem	14	27 a 32	19 a 24
	Suíno	20	38	32 a 35
	Suíno	20	37	28 a 34
	Suíno	18	34	26
	Suíno	12	33	22 a 28
	Suíno	8	30	18 a 21
	Suíno	5	27	15 a 18
	Suíno	4	27	10 a 15
	Suíno	4	27	12 a 15
	Suíno	4	27	12 a 15

CURTIS (1983), HAFEZ (1968), MOUNT (1969), adaptado de BAÊTA e SOUZA (1997)

TCI – temperatura crítica inferior, TCS – temperatura crítica superior, ZCT – zona de conforto térmico

2.5.2. Temperatura de globo negro (Tgn)

A temperatura de globo negro pode ser determinada com auxílio de um dispositivo denominado globo negro. Essas medições são expressas em função da temperatura absoluta do ar, da velocidade do vento e da radiação. O termômetro padrão de globo negro é constituído por uma esfera oca de cobre, com diâmetro de 15cm, e espessura 0,5mm de espessura. A superfície externa do globo deve estar coberta por uma tinta preto fosco, em duas camadas. Para as medições deve-se instalar no interior desse globo negro, sensores de medição de temperatura, que passarão a fornecer o parâmetro temperatura de globo negro.

As leituras obtidas por esse conjunto fornecem parâmetros necessários para as determinações dos índices de conforto ITGU e CTR.

2.5.3. Índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU)

O índice mais preciso para se medir o conforto térmico de animais é o índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU). De acordo com BUFFINGTON *et alii* (1981), o ITGU engloba num único valor, os efeitos da temperatura de bulbo seco, velocidade do ar, umidade relativa e radiação, calculado pela seguinte equação:

$$ITGU = 0,72 (Tgn + Tbu) + 40,6$$

onde:

Tgn = temperatura de globo negro, em °C.

Tbu = temperatura de bulbo úmido, em °C.

Para regiões de clima quente, o ITGU indica o efeito da radiação sobre os indivíduos alojados, a partir das diferenças obtidas entre a temperaturas de globo e negro e do ar, OLIVEIRA e ESMAY (1982). Para frangos com idade entre 4 e 7 semanas, em experimento conduzido em Viçosa, PIASENTIN (1984) observou que variações de ITGU entre 65 e 77, não representou alterações no desempenho destes indivíduos. TINÔCO (1988), verificou que valores de ITGU acima de 75 provocaram desconforto em aves com mais de 15 dias de vida, sendo esse desconforto intensificado à medida do desenvolvimento destas aves.

2.5.4. Carga térmica de radiação (CTR)

Segundo ESMAY (1974), para condições de regime permanente, a carga térmica de radiação (CTR), expressa a radiação total incidida sobre o globo negro. Essa radiação é proveniente das circunvizinhanças ou do horizonte. Os valores para CTR são determinados em função da temperatura radiante média (TRM), pela equação de Stefan-Boltzman:

$$CTR = \sigma (TRM)^4$$

onde:

CTR	=	carga térmica radiante, W.m ⁻² ,
S	=	constante de Stefan-Boltzmann, (5,67 x 10 ⁻⁸ W.m ⁻² .K ⁻⁴),
TRM	=	temperatura radiante média, em K.

A equação seguinte, expressa a temperatura radiante média (TRM) como sendo a temperatura de uma circunvizinhança, considerada uniformemente negra, de modo a eliminar o efeito de reflexão, com a qual um corpo (globo negro) troca tanta energia quanto a do ambiente atual considerado (BOND e KELLY, 1955):

$$TRM = 100 \sqrt[4]{2,51\sqrt{v}(Tgn - Tbs) + (Tgn / 100)^4}$$

onde:

v	=	velocidade do vento, em m.s ⁻¹ ;
Tgn	=	temperatura de globo negro, em K; e
Tbs	=	temperatura de bulbo seco, em K.

SILVA (1988) e MORAES (1998) mostraram que a CTR no interior de abrigos pode ser influenciada por fatores tais como orientação, altura do pé-direito, altura do animal e sua localização sob a construção, existência de paredes, materiais de construção e cobertura, dentre outros.

2.6. Teoria da similitude

Segundo JENTZSCH (2002), o emprego de modelos reduzidos para instalações de produção animal apresentam vantagens quando aplicadas a experimentos que buscam recriar soluções para problemas reais, a saber:

- custo reduzido para a montagem dos modelos e condução dos trabalhos experimentais, quando comparados a protótipos em verdadeira grandeza;
- emprego de mão de obra minimizada;
- tempo de execução
- facilidade de condução de alterações nos elementos envolvidos
- otimização dos processos e produtos;
- segurança para a execução dos protótipos em função de testes preliminares de desempenho do modelo proposto para condições de produção.

Algumas desvantagens são relacionadas também quando da aplicação de modelos ao desenvolvimento de trabalhos relativos à ambiência animal que são os fatores relacionados com a umidade adicionada ao meio e calor gerados por animais no interior destas instalações, que devem ser simulados.

As pretensões alcançadas através da aplicação das teorias de similitude, são:

1. representatividade dos dados obtidos a partir dos modelos em escala reduzida, com relação às estruturas em verdadeira grandeza;
2. interação das variáveis envolvidas nos fenômenos físicos, de formas que os dados de interesse possam ser analisados e sistematizados com segurança adequada.

Segundo MURPHY (1950), os modelos podem ser classificados em três tipos:

1. dissimilar: quando não há semelhança entre o modelo reduzido e o real;
2. distorcido: quando o modelo reduzido é uma reprodução do real, sendo utilizadas duas ou mais escalas na largura, comprimento e altura

3. geometricamente similar: quando o modelo reduzido é uma reprodução, em escala, do real

Trabalhos de pesquisa conduzidos por HAHN et al. (1961), utilizando-se de modelos reduzidos, geometricamente similares, para estudos de instalações rurais, usando abrigos para suínos, construídos em escala 1:2, 1:4 e testemunho em escala real, indicaram que as temperaturas em termômetros de globo negro, usados nas respectivas escalas de seus modelos reduzidos (original = 20 cm diâmetro), à 45,0 cm de altura (centro de massa dos animais - porcos), às 14 horas, para condições de verão, em 1958 (Davis, Califórnia), apresentaram valores médios de CTR ($W.m^{-2}$), de 567,8 para escala real, 572,8 para escala 1:2 e 572,5 para 1:4, para as alturas e horários citados anteriormente.

HAHN et al. (1961), concluíram que os testes em modelos reduzidos mostraram resultados de CTR próximos aos do abrigo original, independente do fator escala utilizado, dentro dos limites testados. Para tanto, é necessário, segundo esses autores, que os valores de CTR para os modelos reduzidos sejam calculados a partir de leituras em termômetros de globo negro reduzidos na mesma escala dos modelos.

JENTZSCH (2002), em seu trabalho conduzido em modelos de escala reduzida dos fatores 1:4, 1:8 e 1:12, concluiu não serem significativas as distorções existentes entre as escalas dos modelos e dos elementos de cobertura utilizados. Além disso, os valores obtidos para ITGU os modelos é equivalente àquele obtido para os protótipos, indicando ser adequado o emprego de modelos em escala reduzida para a determinação do comportamento térmico de instalações para produção animal.

2.7. Concreto leve

Define-se por concreto, as misturas endurecidas de agregados (fração inerte), ligante (fração quimicamente ativa) e água, de textura densa, obtidos a partir de agregados naturais (areia, cascalho, brita), com massa específica aparente (ρ_a) com valores de 2000 a 2800kg/m³, ou seja, o denominado concreto normal.

Existem ainda o concreto pesado (com agregados constituídos de barita, magnetita ou sucata, com massa específica aparente (ρ_a) maior que 2800kg/m³ e menor que 3800kg/m³ empregado com lastro ou na proteção contra radiações, mas raramente em estruturas) – e

concreto leve (*light weight concrete*) , com massa específica aparente (ρ) menor que 2000kg/m³, AGUIAR (2004).

Segundo ABCP ET-86 (1996), somente existe uma maneira de produzir um concreto leve, que é o de se incorporar ar além do normal à sua composição. Isso pode ser conseguido de três maneiras:

1. eliminado-se as partículas mais finas dos agregados;
2. substituindo-se o seixo ou a pedra britada por um agregado oco, celular ou poroso;
3. introduzindo-se grandes vazios no interior da massa de concreto.

O primeiro modo dá origem ao chamado concreto sem finos, o segundo ao concreto de agregado leve, e o terceiro ao chamado concreto celular, conforme mostrado nas Figuras 1, 3 e 4, respectivamente.

Os concretos leves podem ser agrupados nas classes descritas a seguir:

1. concreto leve com estrutura densa, obtido com agregados porosos, com massa específica aparente (ρ) variando de 800 a 2000 kg/m³ e resistência à compressão média variando de 100 a 350kgf/cm², a organização dos elementos no interior da massa de um concreto leve de estrutura densa pode ser observada conforme apresentado na figura 1;
2. concreto leve com estrutura aberta (poros graúdos entre agregados) e agregados densos de granulometria única, faixa granulométrica (4–8 ou 8–12 mm) e pouca argamassa intersticial, massa específica aparente (ρ) variando de 1000 a 2000 kg/m³ para e resistência à compressão média variando de 25 a 200kgf/cm², figura 2;
3. concreto leve com estrutura aberta e agregados porosos, massa específica aparente (ρ) variando de 700 a 1400 kg/m³ e com resistência à compressão média variando 20 a 100kgf/cm²;
4. concreto leve sem agregados graúdos, constituído por argamassa de granulometria fina com poros uniformemente distribuídos, como o concreto celular autoclavado (pó de alumínio em reação com cimento ou peróxido de hidrogênio + cloreto de cal) SICAL (2004), massa específica aparente (ρ) variando de 400 a 1000 kg/m³ e com resistência à compressão média variando 10 a 100kgf/cm², figura 4;
5. concreto leve de agregados não minerais, como grãos esféricos de espuma sintética - EPS, ligados por uma argamassa de cimento compacta, massa específica aparente (ρ) variando de 300 a 800 kg/m³ e com resistência à compressão média variando 10 a

25kgf/cm², AGUIAR et alli (2004). Na Figura 5, apresenta-se amostra do concreto leve de agregados não minerais (EPS).

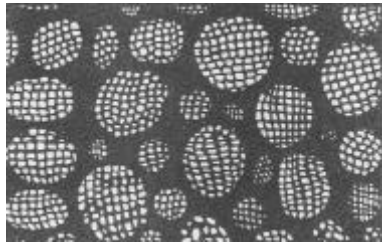


Figura 1. Concreto leve de textura densa, agregados porosos

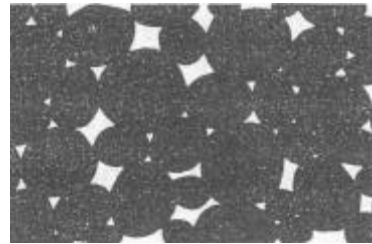


Figura 2. Concreto leve de textura aberta, agregados densos

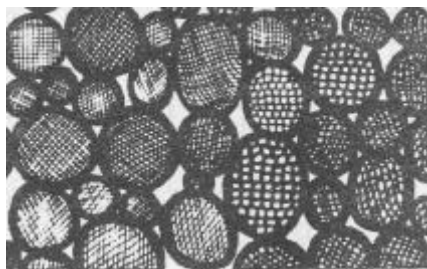


Figura 3. Concreto leve de textura aberta, agregados porosos

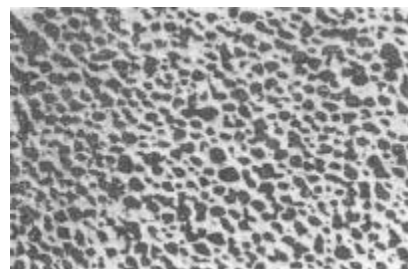


Figura 4. Concreto gasoso (celular autoclavado)



Figura 5. Concreto leve espuma sintética (EPS)

Os concretos leves com resistência à compressão inferior 15kgf/cm², devido a suas propriedades de isolamento térmico, são empregados em elementos de vedação, como painéis de alvenaria (maciços ou vazados), ou mesmo painéis para lajes e cobertura, AGUIAR et alli (2004); SICAL (2004), LEONHARDT e MÖNNIG (1979).

No que segue serão tratados em mais detalhe somente os concretos leves da primeira classe, porque, como “concreto leve para a construção”, podem ser armados ou protendidos e, portanto, são importantes do ponto de vista estrutural.

2.7.1. Agregados e proporcionamento dos concretos leves para estruturas

2.7.1.1. Agregados porosos

Os agregados porosos naturais de origem vulcânica (pedra-pomes); possuem uma resistência mecânica de pequeno interesse de engenharia. Por isso, foram desenvolvidos agregados porosos artificiais onde, via de regra, argila ou ardósia, convenientemente dosadas e com granulometria adequada à composição de misturas de concretos leves, são fortemente aquecidas em fornos rotativos e com isso “expandidas”.

A expansão baseia-se na formação de gases a partir dos componentes naturais ou dos aditivos que se encontram misturados, e pela qual se formam os poros. Os grãos expandidos são aquecidos até a sinterização do material, a cerca de 1100°C, e com isso as paredes dos poros são endurecidas. Desta maneira se produzem os agregados leves (**light weight aggregates**) de argila expandida (**expanded clay**) Figura 6, ou de ardósia expandida (**expanded shale**), os quais, simultaneamente com pesos baixos, apresentam uma resistência de interesse de engenharia para a execução de estruturas em concreto armado ou não, segundo WEIGLER e KARL (1972), citados por LEONHARDT e MÖNNIG (1979).

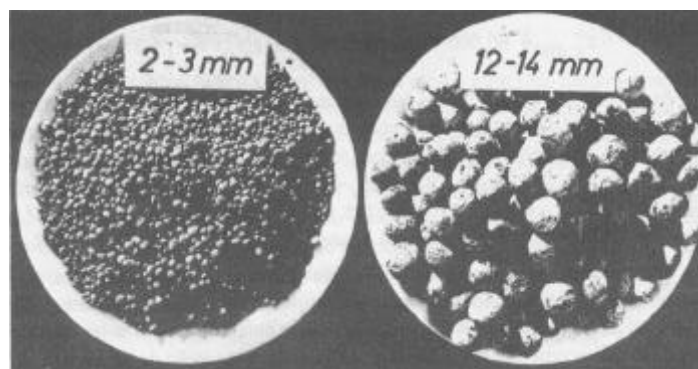


Figura 6. Grãos de agregados de argila expandida.

Os agregados leves para concreto leve empregado na construção devem ter as seguintes características, REGLAMENTO CIRSOC (1995):

1. Forma compacta, esféricos e com superfície fechada;
2. Poros finos uniformemente distribuídos;
3. Parede dos poros endurecida por sinterização e com isso invariáveis às condições atmosféricas e a mudanças de volume;
4. Rigidez e resistências características de interesse de engenharia.

A melhor maneira de obter a homogeneidade necessária destas propriedades é através da moagem da matéria – prima (como argila “Opalinus”) e adição de um agente expansivo, pré - moldagem no prato de granulação nos tamanhos desejados para os grãos e subsequente aquecimento a 400°C em fornos rotativos. Os agregados, por estas razões, são caros, o que prejudica a economia do concreto leve.

As propriedades dos diversos produtos são diferentes. Infelizmente ainda não existem ensaios de controle de qualidade aptos a serem normalizados nem uma divisão de categorias de qualidade. Por isso, para cada utilização em grande escala, dever-se á exigir em primeiro lugar ensaios de qualidade feitos em corpos de prova de concreto leve. Neste caso, são importantes as seguintes propriedades dos agregados, LEONHARDT e MÖNNIG (1979);

- Massa específica dos grãos de agregado seco; de acordo com o teor de poros, varia de 700 a 1400 kg/m³ , agregados mais leves não são apropriados para concreto estrutural. O valor de massa específica aparente ($\tilde{n}$) para grãos menores que 8mm é, via de regra, maior do que para partículas mais graúdas e o teor de poros varia de 74% e 45%.
- O módulo de elasticidade dinâmico é função da massa específica aparente ($\tilde{n}$) e, para agregados de boa qualidade, de 12 a 16mm de diâmetro, atinge o valor:

$$E = 80000.\tilde{n} \text{ [kp/cm}^2\text{]}, \tilde{n} \text{ em [kg/dm}^3\text{]}$$

- As resistências características dos grãos do agregado, deduz-se de ensaios à compressão em cubos de concreto com composição granulométrica e resistência da argamassa definidas;
- Absorção de água, devido às características de superfície dos agregados de argila expandida, variam consideravelmente. A absorção de água é determinada em percentual de volume através da expressão:

$$A_w = \frac{m_w}{m_t} \cdot \frac{r_{rk}}{r_w} \cdot 100$$

onde

m_t = massa da amostra de agregado, seca (kg);

m_w = massa da amostra de agregado armazenada durante 30 min em água (kg)

r_w $\approx$ massa específica da água (kg/dm³)

r_{rk} = massa específica da concreto (kg/dm³)

Através deste ensaio, a absorção de água A_w apresenta valores de 5 a 15% em volume, para saturação de 24h, aumentando no caso de uma permanência maior na água, para cerca de 60 a 90%.

2.7.1.2. Composição granulométrica e fabricação de concretos leves

Os melhores resultados em relação à resistência para massas específicas baixas, são obtidas com uma grande quantidade de partículas graúdas, 8 a 16 mm ou 0 a 4 mm (ou seja, granulometria descontínua); isto porque as partículas graúdas do agregado reduzem o peso e porque a resistência da argamassa é decisiva para a resistência do concreto. Tendo em vista que agregados leves com diâmetro menor que 2mm aumentam desnecessariamente a quantidade de água exigida e diminuem a resistência da argamassa, é melhor utilizar areia natural de 0 a 2mm. Para se obter maior trabalhabilidade, utiliza-se maior teor de finos do que para concretos de agregados naturais. O teor de cimento deve ser bastante rico, apresentando consumo de cimento de 300kg/m³ de mistura fresca.

Agregados com massa específica aparente (ρ_a) menor que 900kg/m³, tendem a subir à superfície durante a mistura e o adensamento, o que deve ser impedido através de uma consistência rija e de uma argamassa rica. A quantidade de água necessária depende também da capacidade de absorção dos agregados, os quais devem ser convenientemente umedecidos antes da mistura; afim de que não sejam alterados as quantidades dimensionadas para o traço, além de garantir que a consistência não seja reduzida quando do lançamento do concreto, devido à absorção de água dos poros. O valor da consistência pode ser determinada através do abatimento de cone. Como recomendações de projeto, aconselham-se vibradores de imersão com agulhas de diâmetro de 50 a 70 mm e frequências de 9000 a 12000 vibrações/minuto, introduzidos a distâncias de 20 a 25cm, LEONHARDT e MÖNNIG (1979).

2.7.2. Fluxo de esforços no concreto leve

O fluxo de esforços no concreto leve diferencia-se substancialmente do que no concreto normal. No concreto leve a argamassa endurecida é mais rígida do que o agregado, e no concreto normal os grãos de agregado são mais resistentes mecânicamente do que a argamassa. Por isso os esforços de compressão no concreto normal transmitem-se preferencialmente de partícula a partícula e no concreto leve, através da argamassa, desviando-se dos grãos do agregado. WISCHERS e LUSCHE, citados por LEONHARDT e MÖNNIG (1979) demonstraram claramente que, através das trajetórias das tensões principais, determinadas com auxílio das fotoelasticidade, conforme ilustrado à Figura 7. A curvatura das trajetórias de compressão origina, no concreto normal, uma tração transversal nas faces laterais dos grãos de agregado e no concreto leve, uma tração transversal em cima e embaixo dos grãos “moles”, e no próprio grão, o qual se fendilha segundo planos de ruptura, conforme ilustrado à Figura 8. Isto esclarece também a razão pela qual em prismas compridos de concreto, as fissuras surgem na direção da compressão. As resistências do concreto leve dependem, portanto, consideravelmente da resistência da argamassa e da sua estrutura interna entre os grãos, da distância entre os grãos e da distribuição dos grãos, que por sua vez influenciam a capacidade resistente da estrutura interna da argamassa.

A resistência da argamassa deve ser cerca de 40 a 50% maior do que a resistência à compressão prevista para o concreto leve. As diferentes trajetórias desenvolvidas pelas tensões resultam em diferentes características de resistência, que devem ser consideradas no caso do concreto estrutural e que serão tratadas sucintamente a seguir.

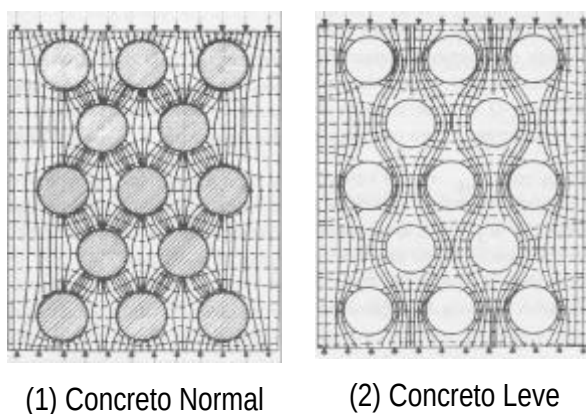


Figura 7. Trajetórias das tensões principais em modelos de concreto normal e de concreto leve com textura densa.

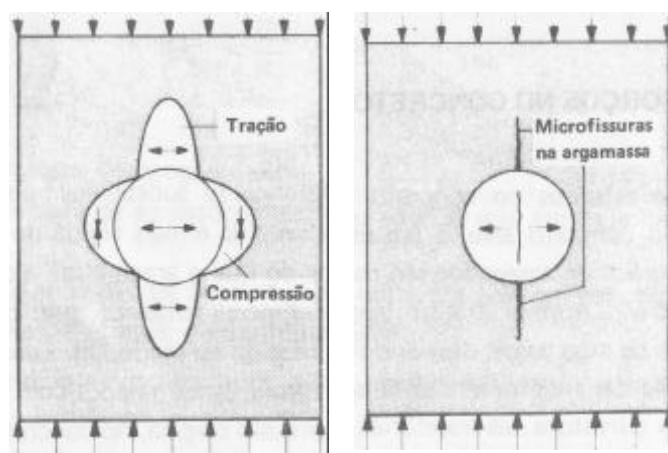


Figura 8. Distribuição de tensões e microfissuração na região de um grão de agregado, em um modelo de concreto leve.

2.7.3. Classes de concreto leve

O concreto leve, assim como o concreto normal, é dividido em classes de resistências e também em classes de massa específica. Estas informações são necessárias para o caso de dimensionamento de elementos estruturais em concreto leve armado.

As massas específicas são divididas nas classes de 1000, 1200, 1400, 1600, 1800 e 2000 kg/m³, onde estes valores indicam sempre o limite superior da massa específica seca do concreto. Para os pesos próprios de cálculo (pesos de cálculo) deve-se considerar, para a água dos poros, um acréscimo de 0,05 kg/dm³ e para a armadura, outro acréscimo de 70 a 150kg/dm³ (em geral 100kg/m³), ABCP ET-86 (1996).

As classes de resistência para concretos leves são 100, 150, 250, 350, 450kgf/cm², determinadas através do valor dos ensaios de resistência à compressão, NBR 5739 (1994).

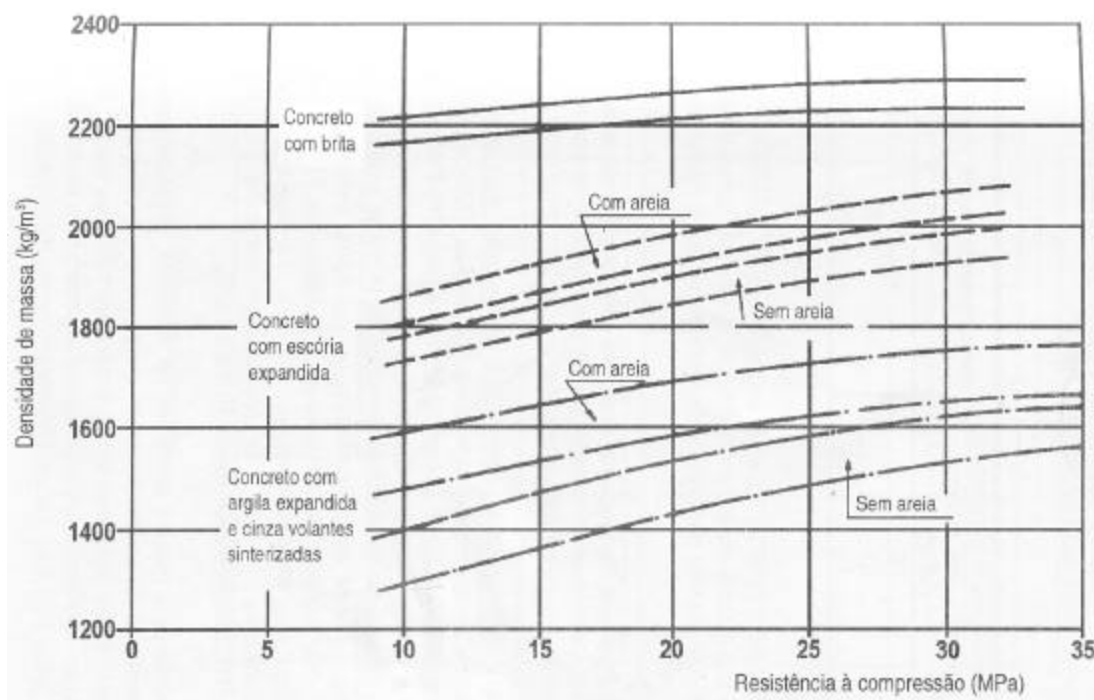


Figura 9. Relação entre as massas específicas dos concretos e resistência cúbica à compressão de concreto leves com idade 28 dias, ABCP ET-86 (1996).

A resistência prismática à compressão do concreto leve está aproximadamente na mesma relação com a resistência cúbica à compressão normal do concreto ($R_{cc}^{prismática} \approx 0,85R_{cc}^{cúbica}$). Dados de resistência à compressão prismática ($R_{cc}^{prismática}$) são apresentados à Figura 9. A resistência a cargas de longa duração do concreto leve devem ser adotadas como 0,70 a 0,75 R_{cc} , (em vez de 0,80 R_{cc} no caso do concreto normal) devido à redistribuição interna de esforços ocasionada pela deformação lenta da argamassa, LEONHARDT e MÖNNIG (1979)

2.7.4. Principais diferenças entre as propriedades do concreto leve e do concreto normal

2.7.4.1. Resistência à tração

Segundo LEONHARDT e MÖNNIG (1979), as resistências à tração (na flexão) e ao fendilhamento do concreto leve apresentam uma maior dispersão de valores do que no caso do concreto normal, porque dependem muito da resistência natural e da forma dos grãos. Para as casses de resistência inferiores, até a 250kgf/cm², situam-se em média acima dos valores do

concreto normal e para as resistências mais elevadas, abaixo. Para resistências à compressão maiores que 350kgf/cm² a resistência dos próprios grãos é a determinante.

A determinação da resistência à tração em corpos de prova cilíndricos, pode ser determinada com aplicação do método LOBO CARNEIRO, apresentado nas Figuras 10a e 10b, preconizado pela NBR 7222 (1983);

$$f_{ts} = \frac{2P}{p.D.L}$$

onde: P = carga de ruptura
 L = comprimento do cilindro (30cm)
 D = diâmetro do cilindro (15cm)

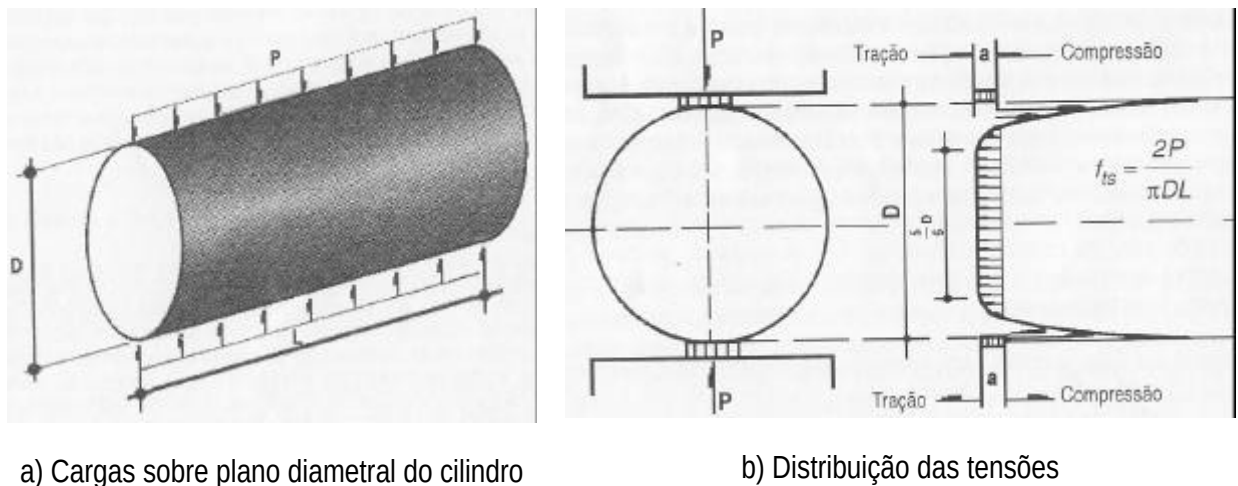


Figura 10. Modelo teórico ensaio Lobo Carneiro, NBR 7222 (1983).

Em muitos ensaios com agregados de baixa resistência natural dos grãos, foram obtidos valores de resistência ao fendilhamento cerca de 20 a 30% inferiores aos do concreto normal, LEONHARDT e MÖNNIG (1979).

2.7.4.2. Resistência a carregamento em área parcial

Ensaio laboratoriais mostraram que a baixa resistência natural dos grãos diminui a capacidade resistente a carregamento em área parcial em relação à do concreto normal, LEONHARDT e MÖNNIG (1979). A pressão de ruptura $R_{cc}^{última}$ sob a área de carga centrada A_1 , em um prisma de área A , aumenta de apenas $(A/A_1)^{1/3}$ e não de $(A_1/A)^{1/3}$ como para o concreto normal. Por isso, a pressão admissível é fixada em

$$P_{adm} = \frac{R_{cc}^{última}}{2,1} \left[\left(\frac{A}{A_1} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \leq R_{cc}^{última}$$

onde: $R_{cc}^{última}$ = resistência à compressão na ruptura

Tem-se também um carregamento em área parcial de carga linear como a que surge na ancoragem de barras da armadura através a ganchos ou laços. Ensaio a esse respeito mostraram surpreendentemente que neste caso se obtém para concreto leve valores mais favoráveis do que para o concreto normal, de modo que não há um motivo para se alterar os raios de dobramento da armadura. A distância ao dobramento de ganchos ou laços deve, entretanto, ser um pouco maior do que no caso de concreto normal, devido à baixa resistência ao fendilhamento de concreto leve, LEONHARDT e MÖNNIG (1979), ET-86 (1996).

2.7.4.3. Resistência à aderência

Estudos relativos a resistência ao arrancamento de barras nervudas de $\phi 12,5\text{mm}$ a $\phi 26\text{mm}$ indicaram que, para uma força de tração capaz de provocar um deslocamento de $0,1\text{mm}$, os valores obtidos, em concreto leve, foram até mais do que o dobro do que os para concreto normal. LEONHARDT e MÖNNIG (1979).

O incremento da aderência é maior para barras mais finas que para barras de maior diâmetro. Esse fenômeno deve-se ao fato de que, para diâmetro pequenos, a reação aos esforços oriundos da aderência mecânica situam-se totalmente na argamassa, enquanto que no caso de diâmetros maiores os grãos são também solicitados, reduzindo a resistência mecânica.

A razão para esta maior resistência de aderência reside no fato de que para a mesma resistência à compressão, as argamassas dosadas para um concreto leve são mais resistentes que para um concreto convencional.

2.7.4.4. Expansão, retração e deformação lenta

A retração e a expansão de um concreto têm como causas fundamentais as mudanças de volume da pasta de cimento, em função das variações dos teores de água de dosagem. Em função da disponibilidade de água armazenada nos poros dos agregados leves, os concretos leves apresentam-se mais deformáveis que concretos convencionais.

Os concretos leves de baixa resistência à compressão, apresentam fluência maior que concretos convencionais, para maiores idades, Figura 11, LEONHARDT e MÖNNIG (1979).

A figura 12 apresenta resultados comparativos entre concretos convencionais e concretos leves, com características mecânicas $R_{cc}=48\text{MPa}$) e carregamentos ($P=14\text{MPa}$) idênticos, ABCP ET-86 (1996)

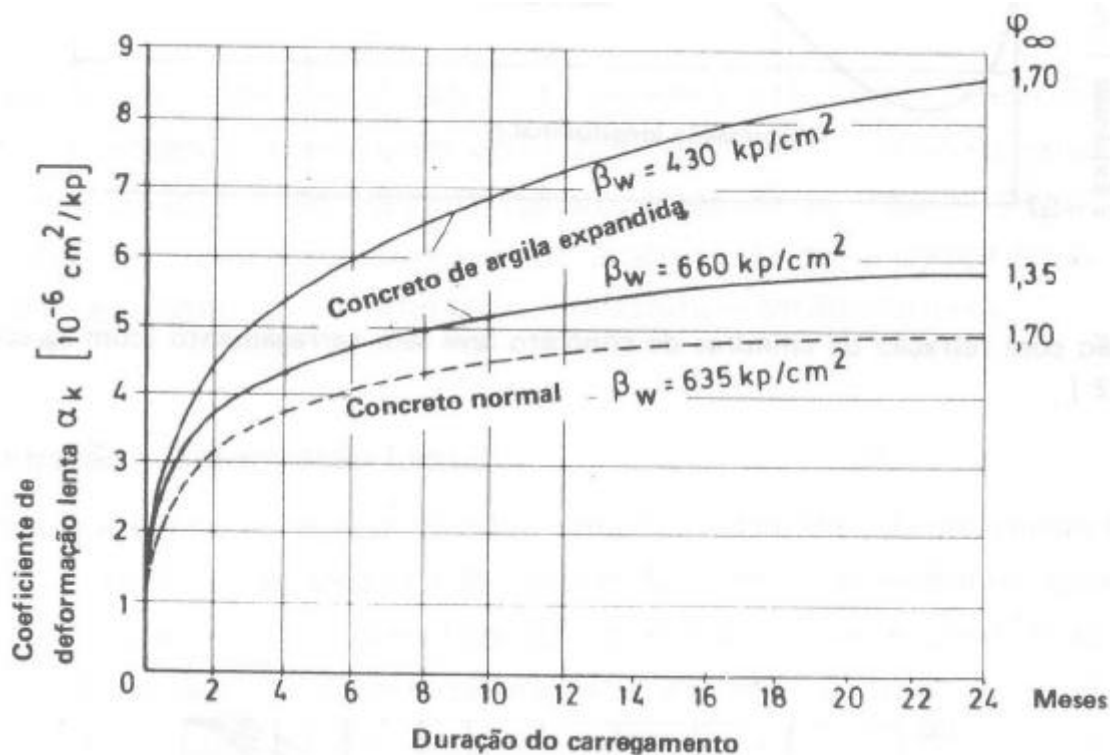


Figura 11 Desenvolvimento da deformação lenta em concreto leve e concreto normal, representada pelo coeficiente de deformação lenta $\acute{\alpha}_K = \frac{\acute{\alpha}}{K/\acute{O}_D}$, com $\acute{O}_D = 1/3R_{cc}$. Idade de início de carregamento: 28 dias.

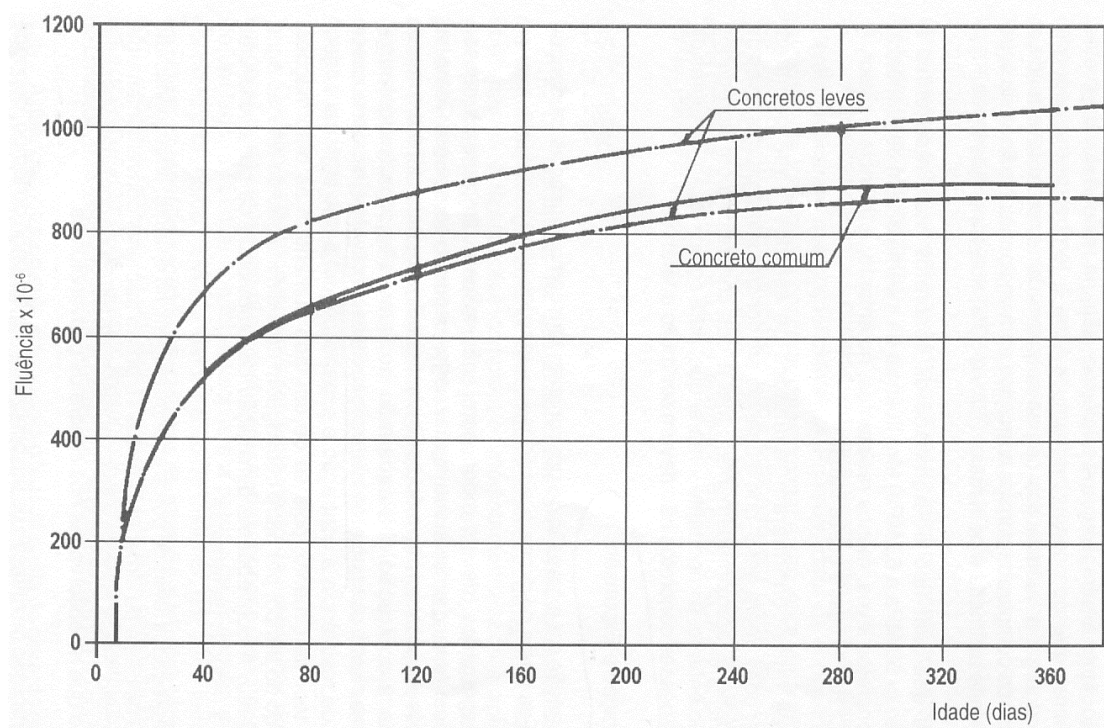


Figura 12 Fluência de concretos ($R_{cc}=480\text{kgf/cm}^2$) sujeitos a carregamentos de 14Mpa, ABCP ET-86 (1996)

2.7.5. Comportamento Térmico do Concreto Leve

O coeficiente de dilatação térmica α_T do concreto leve, para teores de umidade baixos, conforme ilustrado à Figura 13, situa-se entre 8 a $10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. Para o caso de saturação por umidade, diminui até $6,5 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. A condutibilidade térmica ($\bar{k}$) do concreto leve é função direta de sua massa específica aparente e do teor de umidade, e, os valores de cálculo de $\bar{k}$, função das classes de massa específica, CB-02 (1998);

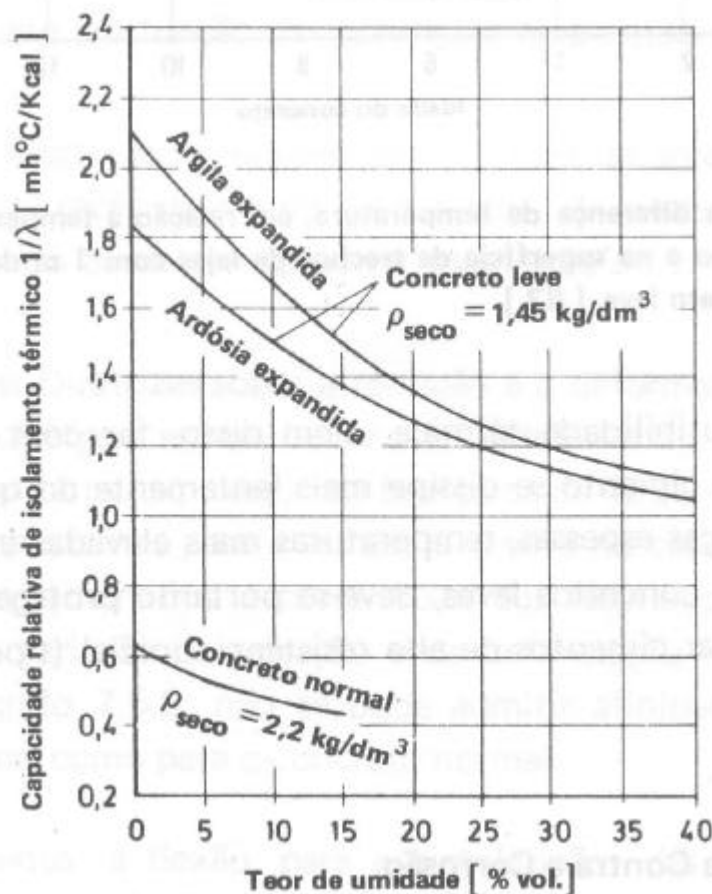


Figura 13 Capacidade de isolamento térmico $1/\lambda$ (referida a uma espessura unitária) de concreto normal e com agregados leves ($\rho=1450\text{kg/m}^3$) em função do teor de umidade, em volume

2.7.6. Proteção da Armadura Contra a Corrosão

A argamassa rica em cimento e de alta resistência dos concretos leves tem uma influência favorável em relação à proteção contra corrosão, desde que o cobrimento de concretos das barras da armadura seja bem adensado. Infelizmente, porém, a maioria dos agregados leve opõe pequena resistência à difusão de gases, o que permite que o gás carbônico possa atingir a película de cimento junto à barra, no caso do agregado ocupar quase toda a espessura do cobrimento, ABCP ET-896 (1996). Assim sendo pode-se perder ali o efeito básico de proteção proporcionado pela nata de cimento endurecido, devido à carbonização, e com isso, propiciar a corrosão. Com base no acima exposto, o cobrimento de concreto necessário para a armadura deve ser aumentado de um acréscimo que depende do diâmetro da maior partícula do agregado e que, via de regra, é de 5mm, REGLAMENTO CIRSOC202 (1995)

2.8. Aditivos

Segundo o MANUAL TÉCNICO FOSROC (2000), os aditivos para concreto são elementos constituídos, geralmente, por polímeros de cadeias lineares sintéticas, à base de melamina, naftaleno sulfonado ou lignossulsonado. Estes aditivos proporcionam alta trabalhabilidade à massa fresca ou grande redução nos teores de água de amassamento.

Os aditivos agem, fundamentalmente, dispersando as partículas de cimento através da adsorção de suas moléculas, provocando uma repulsão entre essas partículas. Tal fenômeno se processa graças à natureza aniônica desses aditivos, que carregam negativamente as partículas do aglomerante.

O aditivo à base de lignina, é de fácil dispersão na água de amassamento e atua dispersando os finos da mistura com ação plastificante. Esse aditivo é recomendado para qualquer mistura plástica à base de cimento.

As misturas aditivadas, apresentam as seguintes propriedades:

1. aumento de trabalhabilidade sem perda de qualidade, resistência ou durabilidade da mistura quando endurecida;
2. melhoria das propriedades mecânicas e hidráulicas do concreto endurecido;
3. permite a redução de consumo de cimento sem perda da qualidade estrutural do concreto endurecido;
4. aumento da durabilidade do concreto endurecido (o aumento da durabilidade do concreto tem relação inversa à permeabilidade do concreto à difusão de gases, água e íons)
5. melhoria de desempenho da mistura fresca e endurecida, tais como segregação, exsudação, aderência e acabamento final

Nas misturas dosadas com o aditivo REAX RX822N não ocorre incorporação de ar à mistura. Isso se deve ao fato deste aditivo não reduzir de forma significativa as tensões superficiais desenvolvidas na mistura, por não ser tensoativo, mesmo em elevados teores. Além disso, o emprego do aditivo REAX 822N aumenta a plasticidade, aderência às armaduras, incremento das propriedades mecânicas em relação às misturas não aditivadas, redução no aparecimento de fissuras e favorecimento das condições de impermeabilidade.

O REAX RX822N é um aditivo plastificante, que incorporado ao concreto fresco produz consistência plástica e alta trabalhabilidade até 60 minutos após a mistura. Não contém cloretos, não é cáustico nem tóxico e atende à EB1763 (Tipo S).

2.9. Elementos de cobertura

A melhor cobertura para uma instalação animal, nas condições brasileiras, segundo BAÊTA (1997), deve apresentar grande capacidade para refletir a radiação solar, ter considerável capacidade de isolamento térmico e capacidade de retardo térmico em torno de 12 horas. Com essas características, a pequena quantidade de radiação solar absorvida pela telha terá dificuldade em atravessar o material e, ao fazê-lo, atingirá seu interior com defazagem em torno de 12 horas, aquecendo o ambiente interior quando a temperatura deste estiver mais baixa.

Quando a energia solar incide sobre a cobertura, é refletida, absorvida ou transmitida, em quantidades que dependem das propriedades físicas dos materiais que as compõem. Normalmente, as superfícies metálicas tais como alumínio e chapas galvanizadas, apresentam alta refletividade e baixa absorvidade, fazendo com que a radiação solar seja refletida, com grande eficiência, no mesmo comprimento de onda, MORAES (1998). A pintura do telhado com cores claras (branco) normalmente produz efeito positivo na redução da temperatura do meio abaixo da mesma, já que esta cor possui baixo coeficiente de absorção da radiação solar.

Portanto, o material ideal para cobertura deve apresentar-se como sendo:

1. leve;
2. impermeável;
3. resistente à intempéries;
4. ter baixa condutibilidade térmica;
5. elevada resistência mecânica;
6. facilidade de manuseio e montagem;
7. bom aspecto estético;
8. pequena relação custo-benefício.

As telhas podem ser de barro, de argamassa de cimento e areia, cimento-amianto, metálicas (ferro, cobre, alumínio), ou de material plástico. Em galpões avícolas brasileiros, as principais telhas utilizadas são as de barro, cimento-amianto e metálicas. Cada tipo de telha possui vantagens e desvantagens diferenciadas em termos de custos, durabilidade, eficiência na redução da carga térmica de radiação e operacionalidade construtiva. Os principais tipos, e cujo comportamento térmico serão avaliados neste trabalho são elucidados a seguir.

2.9.1. Telhas de cimento amianto

As telhas de cimento-amianto são obtidas a partir da adição de fibras de amianto ao cimento e podem ser encontradas no mercado principalmente nas formas onduladas e trapezoidais. Esse tipo de telha apresenta as seguintes características: boa resistência mecânica e durabilidade, baixo peso relativo (24 kg/m², para telhas de 8mm, consideradas absorção e elementos de fixação), grande estanqueidade, razoável poder isolante de calor, frio e som, tendo em vista a pequena espessura e boa resistência aos ácidos comuns, CATÁLOGO ELETRÔNICO BRASILIT (2000)

2.9.2. Telhas de barro

As telhas de barro são produtos de argila queimados à aproximadamente, 900 °C e podem ser encontradas no mercado principalmente em forma plana (francesa ou marselha, 37kg/m²) e curva (canal, colonial ou paulista, 42kg/m²). As características de uma boa telha de barro são: bom cozimento, lisas, impermeáveis, superposição e encaixe perfeitos, uniformidade de dimensões e boa resistência mecânica. Como as telhas tipo curvas tem peso relativo superior à francesa, exigem estrutura de sustentação mais reforçada, MORAES (1998).

2.9.3. Telhas de concreto leve de argila expandida

As telhas de concreto leve de argila expandida são executadas a partir da utilização de agregados leves de argila expandida na confecção de um concreto especial, PEIXOTO et alli (2003).

Apresentam-se como vantagens do concreto leve, sua baixa densidade de massa e bom isolamento térmico e como desvantagem sua menor resistência e relativo custo mais elevado que o do concreto convencional, ABCP ET-86 (1996). O dimensionamento das estruturas que serão executadas e que neste estudo contam com índices e parâmetros da bibliografia consultada baseia-se nas prescrições estabelecidas por LEONHARDT (1979) e pelas prescrições executivas estabelecidas pelo REGLAMENTO CIRSOC 202 (1995).⁷

2.9.4. Placas de concreto armado

2.9.4.1. Classificação das placas

As placas de concreto armado podem ser classificadas segundo diferentes critérios a saber, NBR6118 (1982):

1. forma (retangulares, quadradas, poligonais)
2. natureza (maciças, nervuradas, mistas, pré-moldadas)
3. tipo de apoio (contínuo, discreto, área)
4. armação (uma só direção, em duas direções – cruz)

2.9.4.2. Prescrições normativas NBR6118/82

Para o dimensionamento de placas em concreto armado, lajes convencionalmente, é preciso que sejam delimitadas as seguintes condições de contorno;

1. vão teórico
 - a. distância entre os centros dos apoios; para o caso de lajes isoladas, considera-se o vão livre acrescido da espessura da laje no meio do vão real.
2. altura útil
 - a. considera-se como sendo altura útil, a distância entre os banzos tracionado e comprimido da seção transversal considerada ao centro de gravidade da mesma, ou para placas de concreto no interior de estruturas, considera-se altura útil como sendo a espessura total subtraída e 1 a 1,5cm
 - I. segundo NBR6118 (1982), a espessura mínima para placas de concreto não deve ser inferior a:
 - i. 5cm para placas de cobertura não em balanço;
 - ii. 7cm para placas de piso e em balanço
 - iii. 12cm para placas destinadas ao tráfego de veículos.

2.9.4.2.1. Critério da esbeltez

Para vigas e lajes simplesmente apoiadas e armadas em uma só direção, indicam-se os seguintes parâmetros de dimensionamento SOUZA (1994):

Para condições relativas às condições de borda da placa: $\Psi_2=1,0$.

Para condições relativas ao tipo de armadura utilizada (aco CA-60): $\Psi_3=20$ (maciça)

Assim, para a determinação da altura útil das placas, deve-se aplicar a expressão:

$$d = \frac{l_{menor}}{y_2 \cdot y_3}$$

observando-se que a relação entre os vãos l_y e l_x , deve estar entre o limite 0,5~2,0; considerando-se ainda que l_x é o maior vão e l_y o menor vão.

Os valores para espessura das placas determinados segundo os critérios de esbeltez devem ser analisados segundo as deformações nas placas, oriundas dos carregamentos impostos. Essa verificação torna-se necessária em função de que os valores determinados pelo critério da esbeltez, NBR6118 (1982), para espessura das placas é bastante conservativo.

2.9.4.2.2. Critérios da deformação (limitação flecha máxima)

Limitações impostas, para compatibilização de deformações, segundo NBR6118 (1982),

1. as deformações máximas para o meio do vão não devem ultrapassar o valor de $l_0/300$, sendo l_0 o vão teórico;
2. os deslocamentos oriundos da ação das cargas acidentais não devem ultrapassar o valor de $l_0/500$, sendo l_0 o vão teórico;
3. as deformações e deslocamentos não devem ser superiores aos valores de $l/150$ e $l/250$, para balanços, sendo l o comprimento teórico do balanço.

Assim, segundo SOUZA (1994), a deformação das peças de seção homogênea de concreto não fissuradas, fletidas, sujeitas a ações de curta duração, pode ser determinada aplicando-se o método das grelhas.

2.9.4.2.2.1. Cálculo de deformações em placas carregadas pelo Processo das Grelhas

As lajes retangulares com dois ou mais bordos apoiados, armadas em cruz, onde a relação entre o lado maior (L) e o lado menor (l) seja tal que $L/l \leq 2$, podem Ter suas deformações calculadas segundo o processo das grelhas, SOUZA (1994).

As considerações para a determinação das deformações em uma placa retangular, apoiada nos quatro bordos, com vãos l_x (direção horizontal) e l_y (direção vertical). A placa ao receber um carregamento distribuído, deforma-se nas direções x e y , atingindo a máxima deformação em seu centro geométrico, conforme indicado nas Figuras 14a e 14b.

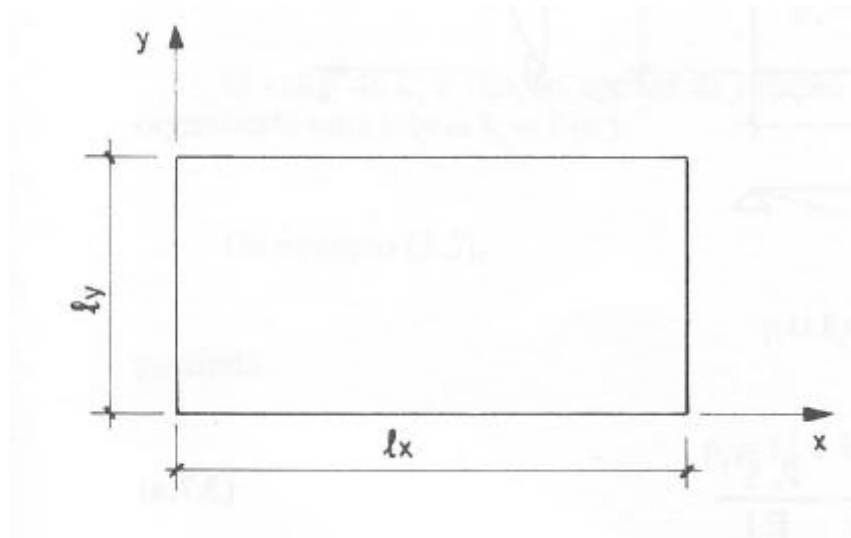


Figura 14a – Condições de contorno para modelo teórico.

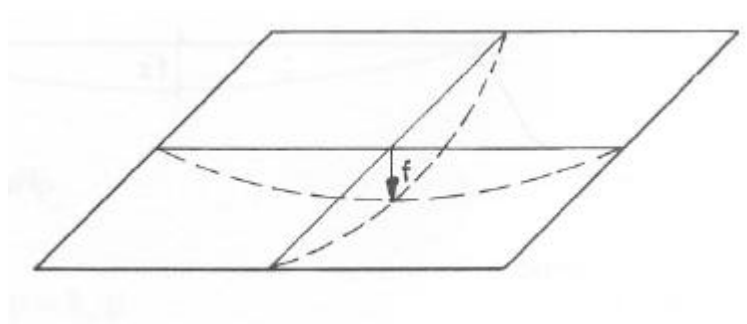


Figura 14b – Deformadas, segundo direções x e y .

Figura 14 Modelo de cálculo para determinação da deformada em uma placa retangular

As deformadas modeladas para as direções x e y, teoricamente representadas na Figura 14b, despertam tensões normais de tração na face inferior da placa, as quais devem ser convenientemente combatidas com emprego de armaduras metálicas.

A partir do modelo teórico, podemos aplicar o processo das grelhas para o cálculo das solicitações na placa, quando submetida a um carregamento, adotando as seguintes hipóteses:

1. a placa pode ser decomposta em uma série de faixas ortogonais, de largura unitária;
2. o carregamento total pode ser decomposto segundo as direções x e y, de formas que: $p = p_x + p_y$

A faixa unitária de carga p_x , ao atuar sobre uma faixa na direção x, provoca uma deformação f_x , situada no centro da placa. A faixa unitária de carga p_y , atuando simultaneamente a p_x , na direção y, provoca uma deformação f_y , situada também no centro da placa.

Como o ponto médio das duas faixas é único, observa-se que a deformação em y, relativa ao carregamento p_y , tem o mesmo valor que a deformação f_x , devido ao carregamento p_x , assim: $f_x = f_y$.

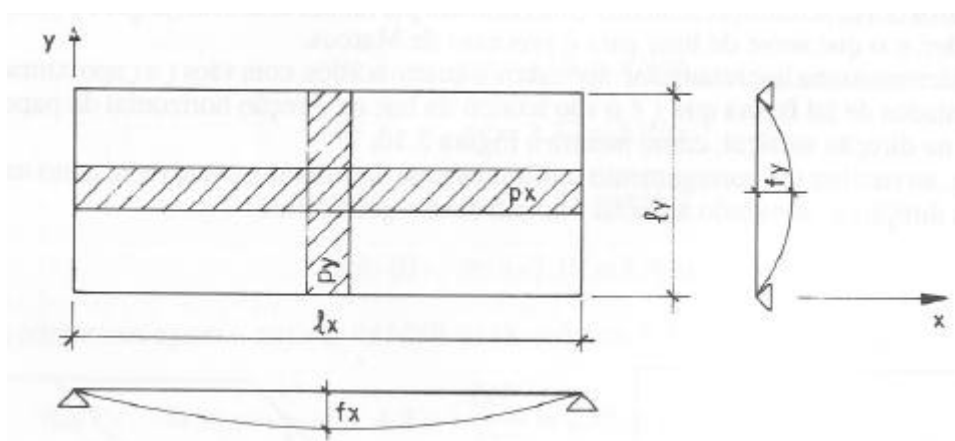


Figura 15 Deformações nas direções x e y, segundo carregamentos unitários p_x e p_y

Segundo HIBBELER (2000), as equações para determinação de deformações em elementos estruturais bi-apoiados, submetidos a carregamentos distribuídos, nas direções x e y podem ser escritas como:

$$f_x = \frac{5 \cdot p_x \cdot l_x^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$f_y = \frac{5 \cdot p_y \cdot l_y^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

O módulo de elasticidade E, pode ser calculado a partir das equações:

$$E = 6600 \sqrt{f_{cj}}$$

$$f_{cj} = f_{ck} + 3,5 MPa$$

f_{ck} = resistência característica à compressão de projeto do concreto.

O momento de inércia para a placa, pode ser calculado a partir da equação:

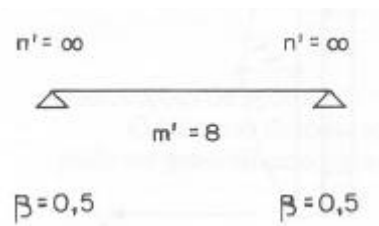
$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

As tensões normais de tração podem ser calculadas, segundo SOUZA (1994), a partir das equações:

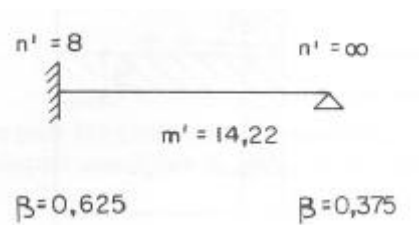
$$m_x^+ = \frac{p_x \cdot l_x}{m'_x}$$

$$m_y^+ = \frac{p_y \cdot l_y}{m'_y}$$

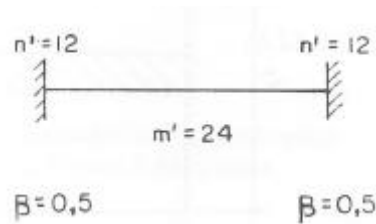
Onde os valores de m'_x e m'_y podem ser obtidos da Figura 15a, 15b e 15c:



a) viga biapoiada



b) viga engastada-apoiada



c) viga biengastada

Figura 15 Fatores de carga para determinação dos esforços normais de tração na placa, em função das condições de contorno.

Segundo SUSSEKIND (1980), a partir da determinação dos esforços atuantes na seção, as armaduras de flexão, podem ser determinadas a partir da majoração das ações e minoração das resistências, NBR 6118/82, para seções de concreto armado submetidas à flexão normal simples, como no caso das placas, de acordo com as equações:

$$K_{md} = M_d / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$$

onde:

$$f_{cd} = f_{ck} / 1,4$$

f_{ck} = resistência à compressão última do concreto

$$K_{md} = 0,256 \quad \text{limite domínios, aço CA -50B}$$

$$M_d = 1,4 \cdot M_k \quad M_k = \text{momento calculado segundo figura 3}$$

b = largura efetiva da placa, para dimensionamento unitário

d = altura útil da laje, normalmente $d = 0,9h$

$$A_s = M_d / (K_z \cdot d \cdot f_{yd})$$

onde:

A_s = área de armadura de flexão necessária

$$f_{yd} = f_{yk} / 1,15$$

f_{yk} = resistência à tração de ruptura do aço

$$K_z = 0,812 \quad \text{limite domínios, aço CA -50B}$$

2.9.4.3. Moldagem e cura

O concreto é uma mistura composta por materiais inertes (agregados) e materiais quimicamente ativos (cimento) dosados em determinadas proporções. A dosagem diferencia-se de acordo com a finalidade de uso e com as condições de aplicação. As dosagens são projetadas em função das necessidades estruturais das peças moldadas com a mistura. Para que se obtenha um resultado desejável, após o endurecimento da mistura fresca, torna-se necessário observar aspectos importantes relativos à moldagem e cura, ABCP (1986).

A moldagem da mistura fresca pode ser conduzida a partir de formas de madeira ou metálicas. De acordo com a forma que se deseja obter após a cura desta mistura.

O processo de cura é determinante para o estabelecimento do desempenho estrutural das peças moldadas. É preciso que durante as primeiras horas de vida do concreto, sejam oferecidas condições ideais para que a água de amassamento da mistura não seja perdida para o meio. A retenção dessa água no interior da mistura proporciona uma máxima hidratação do cimento, que pode desenvolver, em todo o seu potencial as reações químicas responsáveis pela difusão do gel de cimento pela massa inerte e consequentemente a obtenção de uma massa monolítica, PEIXOTO (2001).

2.10. Instalações para produção animal

Os parâmetros de projeto são fator determinante na eficiência de uma instalação para produção animal. Para tanto, torna-se necessária a observação e dimensionamento dos elementos construtivos compatíveis com as variações climáticas locais.

Segundo TINOCO (1995), as paredes laterais (oitões), que recebem frontalmente o sol de nascente e poente, devem receber atenção especial no sentido possuírem grande capacidade calórica, como as dos tijolos maciços de barro ou blocos furados com no mínimo 15 cm de espessura, afim de tomar partido do fato de que a insolação é um fenômeno transitório e provocando o desejável amortecimento das variações da temperatura externa.

Os beirais devem ser projetados de forma a evitar simultaneamente a penetração de chuvas de vento e raios solares. De uma maneira geral, recomenda-se beirais de 1,5 a 2,5 metros, em ambas as faces norte e sul do telhado, de acordo com o pé-direito e com a latitude.

Os elementos de cobertura (telhados) devem possuir inclinações entre 20 e 30° tem sido consideradas adequadas, atendendo condicionantes estruturais e térmicos ambientais. Segundo

MATOS (1997), uma significativa melhoria das condições de conforto térmico foi observada quando o ângulo de inclinação da cobertura foi aumentado.

Recomenda-se que os galpões industriais para produção animal, tenham variações de seção tanto transversal quanto longitudinal, levando-se em consideração, as condições climáticas locais. A exemplo, galpões destinados a avicultura têm como recomendação os seguintes condicionantes, TINOCO (1995):

- larguras até 8,00 a 10,00 m - clima quente e úmido
- larguras até 10,00 a 14,00 m - clima quente e seco

O pé-direito da instalação (altura entre o piso da instalação e a cobertura) deve ser definido em função da largura adotada para o projeto, de forma a que as duas dimensões proporcionem ventilação natural no interior da instalação e reduzam a radiação sobre os usuários.

Tabela 2 - Pé-direito mínimo, de acordo com a largura da instalação

Largura (m)	Pé direito mínimo climas quentes (m)
até 8,00	2,80
8,00 a 9,00	3,15
9,00 a 10,00	3,50
10,00 a 12,00	4,20
12,00 a 14,00	4,90

Fonte: TINOCO (1995)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em três etapas, a saber:

1ª etapa:

Foram determinados os parâmetros estruturais mínimos de projeto, segundo as prescrições normativas NBR e CIRSOC, para que fossem confeccionadas telhas em concreto leve (LWC) confeccionadas com agregado leve argila expandida.

2ª etapa:

Estabeleceu-se como meta que as telhas projetadas apresentassem capacidade estrutural para comportarem-se como estruturas auto-portantes, de forma a serem empregadas diretamente sobre as estruturas usualmente dimensionadas e executadas para os tipos convencionais de cobertura em telhas cerâmicas e fibrocimento, sob condições satisfatórias de utilização e serviço. Os trabalhos realizados em laboratório, para a determinação da granulometria da argila expandida, bem como dos demais materiais empregados, assim como dosagem do concreto leve e análise de seu desempenho funcional e estrutural foram desenvolvidos no Laboratório de Engenharia Civil - LEC, Departamento de Engenharia Civil - UFV, no período compreendido entre os meses de outubro de 2002 e maio de 2003.

3ª etapa:

Avaliou-se o desempenho térmico e estrutural para as instalações providas de cobertura em telhas confeccionadas em concreto leve de argila expandida, e, para as instalações providas de cobertura em telhas cerâmicas e fibrocimento. Avaliação do comportamento térmico foi conduzida com base no índice de temperatura de globo negro e umidade, temperatura de bulbo seco, e, carga térmica radiante. A avaliação do comportamento funcional da telha em concreto leve foi conduzida com base nos aspectos de permeabilidade, capacidade estrutural de carga e peso específico. Estes trabalhos foram conduzidos na área experimental de Construções Rurais e Ambiente – CRA, Departamento de Engenharia Agrícola – UFV, latitude -20,75°, longitude -42,85°, a uma altitude de 692m (NORMAIS CLIMATOLÓGICAS), no período compreendido entre os meses de fevereiro de 2003 e junho de 2003.

Na etapa experimental, foram utilizados modelos de instalações abertas para produção animal, em escala reduzida 1:12, que tiveram como elemento de cobertura telhas moldadas em concreto leve (LWC), telhas cerâmicas tipo francesa e telhas de fibrocimento, em escala real JENTZSCH (2002).

3.1. Determinação das propriedades físicas dos materiais e metodologias

As telhas de concreto leve foram moldadas a partir de dosagens de laboratório orientadas pelas prescrições normativas da ABCP e CIRSOC, implementadas com aditivo químico plastificante e redutor de água para concretos.

Os agregados leves utilizados foram cedidos pela empresa CINEXPAN, na granulometria indicada para este trabalho. Foram moldados corpos de prova com agregados de faixa granulométrica 1506 e 2215.

Para a dosagem do concreto leve empregado na execução das telhas LWC, foram consideradas as características físicas do agregado gráudo utilizado, como granulometria NBR 7181 (1984) e NBR 7217 (1987), densidade aparente e absorção NBR-9937 (1987), percentual de fraturas e massa unitária NBR 7251 (1983)

As análises granulométricas foram conduzidas segundo prescrições NBR 7181 (1984). As frações brita 0 e brita 2, classificadas através do ensaio de granulometria e utilizadas nos traços experimentais do concreto leve apresentam-se na Figuras 16, a seguir



Figura 16 – Argila expandida 2215 (brita 2) e 1506 (brita 0)

As amostras de argila expandida utilizadas nas dosagens do concreto leve foram submetidas ao ensaio de absorção, com imersão por 24 e 48 horas.

As amostras de argila expandida, tiveram sua densidade aparente determinada segundo NBR 9937 (1987), para os estados natural, seco, e saturado a 24h e 48h.

Para atendimento às prescrições de projeto de estruturas executadas em concreto leve de argila expandida, foram determinados os percentuais de partículas fraturadas para as amostras 2215 e 1506, segundo REGLAMENTO CIRSOC 202 (1995)

A massa unitária dos grãos de argila expandida, foram determinadas no LEC/UFV – Laboratório de Engenharia Civil, segundo prescrições normativas da NBR 7251 (1982).

Para a composição da fração miúda dos agregados utilizados no traço de concreto leve, foi utilizada areia média proveniente do Rio do Peixe, disponível no LEC/UFV.

Todos os traços dimensionados foram implementados com aditivo químico plastificante de pega normal para concreto CONPLAST RX822N, fabricado pela FOSROC do Brasil, apresentado na Figura 17.

O aditivo foi aplicado segundo recomendações do fabricante, na concentração de 3ml/kg de cimento, conferindo à mistura, condições ótimas de trabalhabilidade e coesão.

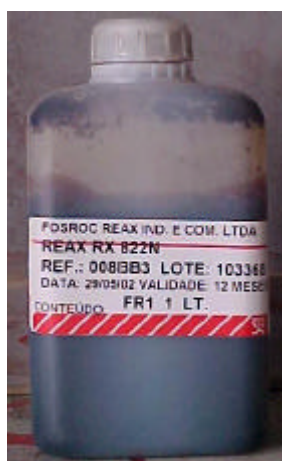


Figura 17 – Aditivo FOSROC para concreto

3.2. Moldagem das telhas de concreto leve

Para a obtenção de um traço de concreto leve que apresentasse comportamento satisfatório tanto para moldagem das telhas quanto às solicitações usuais de serviço, quando submetida aos esforços de transporte, montagem e vento, procedeu-se ao dimensionamento de um traço base, promovendo-se variações no proporcionamento das frações inertes da mistura e no fator água-cimento, em conformidade com as prescrições estabelecidas pela ABCP (1996).

Para a dosagem teórica foram utilizados os procedimentos de cálculo BOLOMEY e FAURY, sugeridos por COUTINHO e GONÇALVES (1994), embasados nas fundamentações e prescrições normativas do ACI 211. O método de dosagem empregado subdivide-se em 7 fases;

1ª fase: Trabalhabilidade

Para a moldagem de placas, escolheu-se um abatimento de tronco de cone (SLUMP TEST), compatível com a trabalhabilidade necessária às operações de pré-fabricação, o valor adotado foi de 50 (intervalo válido para o método e tipo de elemento: $25 \leq \text{SLUMP} \leq 75$)

2ª fase: Determinação do diâmetro máximo do agregado

O diâmetro adotado para o agregado foi determinado em função da geometria da placa, uma vez que os espaçamentos existente entre as armaduras eram relativamente grandes ($e=10\text{cm}$), assim para a placa com espessuras que variavam de 2,0cm a 6,5cm (ensaio de permeabilidade) empregou-se a argila expandida tipo 2215 ($\phi \leq 19\text{mm}$) e para o traço utilizado na moldagem das placas para a cobertura dos protótipos com espessura de 2cm, utilizou-se a argila expandida tipo 1506 ($\phi \leq 9,5\text{mm}$). Esses agregados foram adquiridos para as faixas granulométricas indicadas pelo fabricante, e ainda foram submetidas a ensaio de granulometria no LEC, para a garantia de uniformidade do tamanho das partículas.

3ª fase: Estimativa do consumo de água

Para o intervalo de validade para o SLUMP adotado ($25 \leq \text{SLUMP} \leq 75$) e granulometrias utilizadas, o método recomenda consumo de água de 187 a 202 kg/m^3 . O parâmetro consumo de água forneceu dados para a determinação do fator água-cimento.

4ª fase: Determinação do fator a/c (água-cimento)

Para a dosagem do traço teórico estimou-se o valor de f_{ck} 28 em 140kgf/cm^2 (14MPa), chegando-se inicialmente ao valor de um fator $a/c = 0,82$, em função dos parâmetros fornecidos ao método.

5ª fase: Estimativa do consumo de cimento

Em função do parâmetro adotado para o consumo de água (195kg/m^3) e relação a/c (0,82), determinou-se de forma teórica, com auxílio do método aplicado, o consumo de cimento para o f_{ck} 28 indicado de 14MPa, como sendo $c=240\text{kg/m}^3$.

6ª fase: Estimativas para o agregado graúdo

Para as dosagens com argilas expandidas de diâmetro 19mm e 9,5mm, determinou-se o consumo de agregados graúdos a partir da relação $V_{\text{agregado graúdo}} / V_{\text{concreto}}$. O valor encontrado foi de 0,62.

Para um concreto com densidade teórica inicial estimada em $\gamma=1350\text{kg/m}^3$, ABCP (1996); e uma relação 0,62; conforme apresentado acima, temos que o consumo de agregados graúdos seria de 837kg/m^3 .

7ª fase: Estimativas para o agregado miúdo

Para um concreto com densidade teórica inicial estimada em $\gamma=1350\text{kg/m}^3$, ABCP (1996), consumo de cimento de $237,2\text{kg/m}^3$, consumo de água de 195kg/m^3 , temos um consumo de agregados de $917,8\text{kg/m}^3$.

Definindo então o traço temos que: $237/237: 918,5/237:195/237$, ou seja, para um traço dimensionado preliminarmente da forma $1:m:(a/c)$, temos $1:4:0,8$.

Aplicando proporcionamento recomendado por PETRUCCI (1982), com $\alpha=50\%$, temos:

$$\alpha(\%) / 100 = (1+a) / (1+m)$$

O valor de m será equivalente a 4,0 e para $\alpha=50\%$, o traço teórico dimensionado toma a seguinte forma inicial em volume.

$$1 \text{ (cimento)} : 1,5 \text{ (areia)} : 2,5 \text{ (argila expandida)} : 0,8 \text{ (água)}$$

Após os procedimentos de proporcionamento, mistura e cura dos corpos de prova relativos a cada uma das dosagens dimensionada e propostas em laboratório, foram confeccionados dois corpos de prova para cada idade de ruptura por traço, o que somou 176 CPs para ensaios de compressão, 88 CPs para os ensaios de determinação de massa específica úmida e seca, e, outros 88 CPs que foram moldados como testemunho de cada traço para verificação nos casos de ocorrência de desvios, incompatíveis para os ensaios propostos. Foram moldados ao todo, 352 corpos de prova úteis.

Em função dos resultados obtidos a partir dos ensaios procedidos, escolheu-se o traço que apresentou melhor desempenho estrutural para as idades de 3, 7, 14 e 28 dias. As idades

mencionadas foram tomadas como referência em função das necessidades operacionais dos elementos pré-moldados propostos, em relação à desforma, armazenamento e transporte.

A análise de desempenho estrutural foi conduzida em função do parâmetro massa específica da mistura seca. Assim, determinou-se como sendo a dosagem ideal para o traço utilizado aquele que forneceu melhor desempenho estrutural relativamente à menor massa específica seca. Esse traço forneceu subsídios para o dimensionamento de uma estrutura que fosse capaz de resistir aos carregamentos impostos pela ação dos ventos e seu peso próprio, LEONHARDT (1979).

3.2.1. Permeabilidade

A fim de se estabelecer o objetivo de que o bom desempenho do material componente de um elemento de cobertura é também função de sua estanqueidade, o traço indicado foi submetido a um ensaio de permeabilidade para carga constante, conforme Figura 16.

O permeâmetro de carga constante foi montado a partir da fixação de um tubo de PVC, com diâmetro de 100mm, contendo uma carga hidráulica de 1m. As observações foram conduzidas para os intervalos de tempo de 0, 15, 30 e 60 minutos, 2, 4, 6, 8, 24 e 48h, tomado como referência a região localizada sob o ponto de aplicação da carga hidráulica constante, CAPUTO (1985). O ponto de aplicação da carga hidráulica foi estabelecido em função da espessura da placa, 6cm (nervura) e 2cm.



Figura 18 – Determinação da permeabilidade em placa de espessura variável.

3.3. Execução das telhas em concreto leve e avaliação do comportamento térmico e funcional

Após o dimensionamento teórico do traço experimental, foram selecionadas amostras de argila expandida que atendessem aos requisitos de dimensionamento do traço, relativos a diâmetro máximo dos agregados e índices de fraturas, a granulometria indicada foi obtida segundo ensaio NBR-7217 (1987), conforme ilustrado anteriormente na Figura 16.

Foram adicionadas às frações de argila classificadas, a areia, água, aditivo e cimento, para a confecção dos traços experimentais, conforme mostrado na Figura 19.



Figura 19. Materiais utilizados para obtenção do traço LWC.

Os materiais selecionados foram processados em uma betoneira.

Em função da baixa densidade dos agregados graúdos, adotou-se a seguinte metodologia para a perfeita homogeneização da mistura;

1. adicionar toda massa ou volume da argila expandida na cuba da betoneira;

2. adicionar metade da água com o aditivo diluído;
3. adicionar toda massa ou volume do cimento; aguardar homogeneização;
4. adicionar metade da massa ou volume de areia, aguardar homogeneização;
5. adicionar restante da água com aditivo diluído, aguardar homogeneização;
6. adicionar restante da areia.

Na figura 20, mostra-se a seqüência das operações para obtenção da mistura pronta, homogeneizada em betoneira.



a) argila e água



b) argila, água e cimento



c) argila, água, cimento e areia



d) betoneira

Figura 20 Etapas da homogeneização da mistura em betoneira.

Os corpos de prova fabricados, primeiramente, seguiram recomendações indicadas pela ABCP ET-86 (1996). Esse estudo técnico apontava para confecção de traços de concreto leve de granulometria aberta e agregados porosos. Na Figura 21, apresentam-se os corpos de prova confeccionados.



a) granulometria desuniforme

b) granulometria uniforme

Figura 21. Corpos de prova moldados segundo ET86.

Após as etapas de produção do traço de concreto, para os diferentes traços experimentais, foram moldados corpos de prova, que permaneceram em câmara úmida por períodos pré-determinados de 7, 14, 21 e 28, em cura, conforme mostrado à Figura 22.



a) moldagem



b) identificação



c) cura



d) desmoldagem

Figura 22 Moldagem e cura dos corpos de prova.

Para cada data de interesse, em cada grupo de corpos de prova com dosagens específicas, foram procedidos ensaios de compressão, para determinação da eficiência estrutural de cada traço, conforme ilustrado na Figura 23. Os corpos de prova foram devidamente preparados, tendo suas superfícies regularizadas afim de que as tensões aplicadas fossem estritamente tensões de compressão, conforme recomendações NBR-5739 (1994). Utilizou-se enxofre fundido para o capeamento dos corpos de prova.



a) corpo de prova LWC



b) capeamento enxofre



c) ensaio compressão

Figura 23 Preparação dos CP e ensaio de compressão axial, NBR-5739 (1994).

Para a indicação do traço experimental que representasse a menor massa específica, procedeu-se a determinação da massa específica para os corpos de prova, relativos a cada grupo. Foram separados três corpos de prova, de cada traço experimental. Esses CP foram pesados úmidos (P_u - 24h após a saída da câmara e repouso em ambiente controlado) e secos (P_s - secos em estufa a temperatura de 105°C por 24h). Assim determinou-se uma massa específica úmida (P_u) e uma massa específica seca (P_s), conforme ilustrado na Figura 24.



a) CP úmido, seco ao ar 24h fora câm. úmida. a) CP seco estufa, 24h 105° C. a) balança de precisão

Figura 24 Determinação massa específica úmida e seca, NBR-9937 (1987).

As placas utilizadas em campo foram construídas a partir da indicação do traço que apresentou melhor desempenho em relação aos parâmetros necessários de forma conjunta de maneira que pudesse ser empregado em modelos reduzidos de instalações para produção animal, a saber;

- resistência estrutural;
- massa específica seca reduzida;
- desempenho térmico (quanto menor a densidade, melhor o desempenho térmico);
- estanqueidade.

Ainda em relação à dosagem indicada em função de seu desempenho estrutural e massa específica, foram procedidas análises de desempenho térmico, utilizando-se parâmetros da literatura, função das características obtidas a partir da dosagem indicada.

As placas de concreto leve de argila expandida utilizadas como elementos de cobertura, foram dimensionadas estruturalmente em função dos parâmetros arquitetônicos sugeridos por TINÔCO (1996).

Assim, as placas de concreto leve (telhas LWC), foram dimensionadas para possuírem a dimensão de 2,0m x 0,50m, com vão livre de 1,80m, submetidas aos seguintes esforços:

1. carregamento devido ao vento: 42kg/m^2
2. carregamento accidental: 50kgf/m^2
3. peso próprio (estimado): 20kgf/m^2

Obteve-se, em função da aplicação das teorias da elasticidade, SUSSEKIND (1980); e processo das grelhas, SOUZA (1994), a compatibilização das deformações, uma seção transversal com altura de 2,0cm, armadura de tração equivalente a 4 barras de 3,4mm em aço CA60. A deformação calculada para o meio do vão na placa dimensionada acima foi de 4mm.

Para a confecção das placas de concreto leve (telhas), foram desenvolvidas formas em madeirite resinado, para a moldagem de elementos para a cobertura de protótipos. Os elementos pré-moldados foram submetidos à cura úmida, por um prazo de 28 dias, quando então foram transportados para a área experimental (CRA / DEA) e montados para o início do experimento, conforme ilustrado na Figura 25.



a) madeirite resinado



b) forma madeira



c) cura inicial (areia)



e) cura em câmara úmida



d) desforma

Figura 25 Moldagem, desforma e cura das placas LWC, NBR 6118 (1982).

Após a fixação dos elementos em concreto leve na estrutura metálica do modelo, foram esperados sete dias para que houvesse uma estabilidade do teor de umidade das placas de concreto leve com o ambiente e com as outras coberturas. Após esse período iniciaram-se as tomadas de dados de Tbs (temperatura de bulbo seco), Tgn (temperatura de globo negro), UR (umidade relativa).



Figura 26. Modelos experimentais, em escala 1:12, JENTZSCH (2002).

3.4. Coleta de dados para condições de verão e inverno

As coletas de dados de Tbs (temperatura de bulbo seco), Tgn (temperatura de globo negro), e UR (umidade relativa) nos modelos, para análise de desempenho dos elementos de cobertura, procedeu-se para condições de verão e inverno.

Para as condições de verão, nesta 3^a etapa, os modelos foram locados, com sua linha de cumeeira no sentido leste-oeste. As laterais dos modelos foram mantidas abertas e os dados coletados no período compreendido entre as 8:00 e 18:00 horas, durante 20 dias, dentro de cada um dos modelos e externamente. As Figuras 27 e 28, ilustram a montagem do esquema para os modelos experimentais de verão e a locação quanto à orientação da trajetória solar.

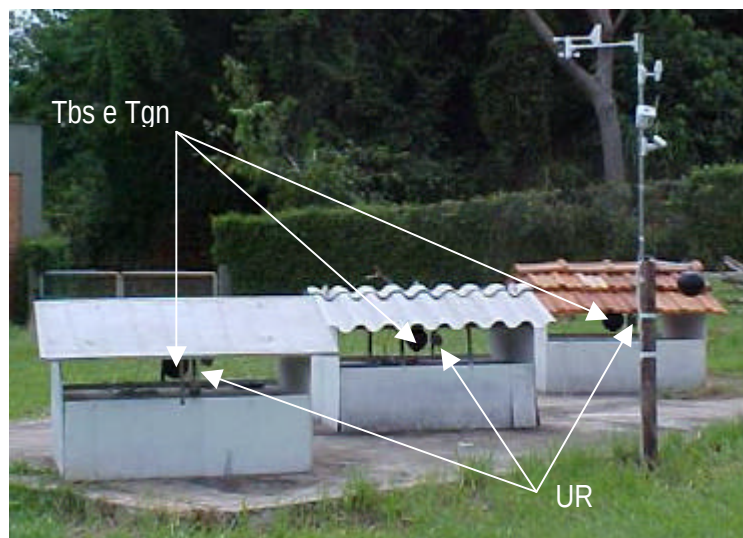


Figura 27 – Esquema para coleta de dados de verão.



Figura 28 – Orientação dos modelos.

Para as condições de inverno, os modelos foram mantidos com sua linha de cumeeira no sentido leste-oeste. As laterais dos modelos foram fechadas com lonas amarelas de polietileno, idênticas às utilizadas regularmente em instalações animais, conforme ilustrado à Figura 29.

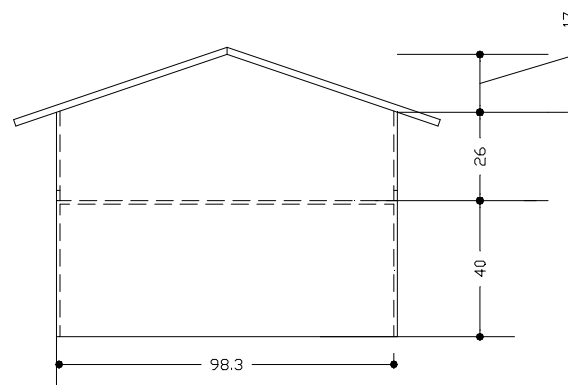
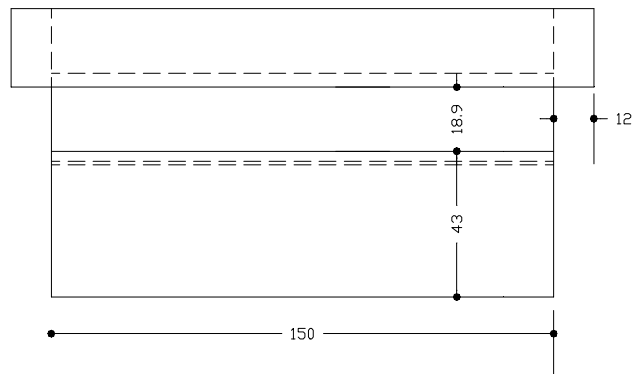
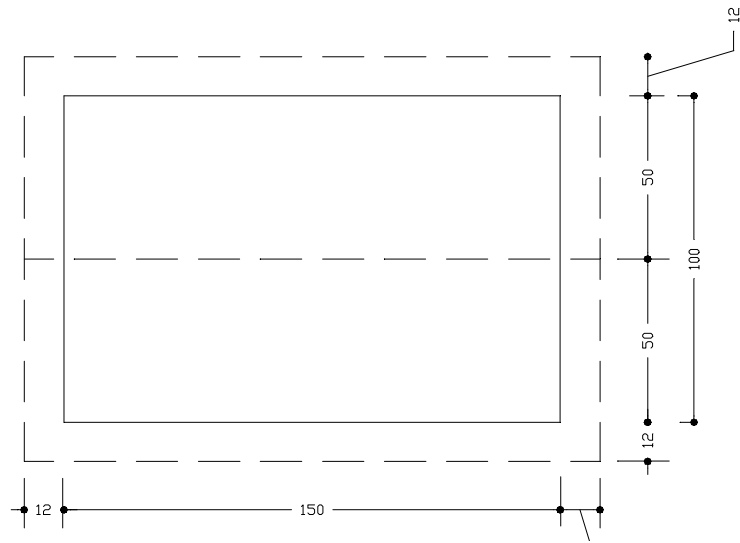


Figura 29 – Esquema para coleta de dados de inverno

Os dados foram coletados no período compreendido entre as 19:00 e 06:00 horas, durante 11 dias, dentro de cada um dos modelos através do sistema de sensoriamento montado, e, externamente a eles com auxílio da estação meteorológica digital OREGON. Para a análise de desempenho dos elementos de cobertura quanto a preservação do calor interno gerado em condições de inverno, foram instaladas, no interior dos modelos, resistências de porcelana de 250W, adquiridas no comércio local. Os valores de ITGu e Tbs foram utilizados para avaliar a performance das telhas na conservação da energia térmica em seu interior dado um gradiente de temperatura.

3.5. Modelos experimentais

Os modelos experimentais utilizados foram executados em chapas de madeira compensada, com espessura de 12mm, pintadas com tinta látex branco, possuíam aberturas laterais, fundo também em madeira compensada, elevado do chão de uma altura de 40cm, conforme ilustrado às Figuras 30, 31, e 32, conforme JENTZSCH (2002). A montagem e instalação do sistema de aquisição de dados instalado nos modelos, apresenta-se esquematizado à Figura 33.



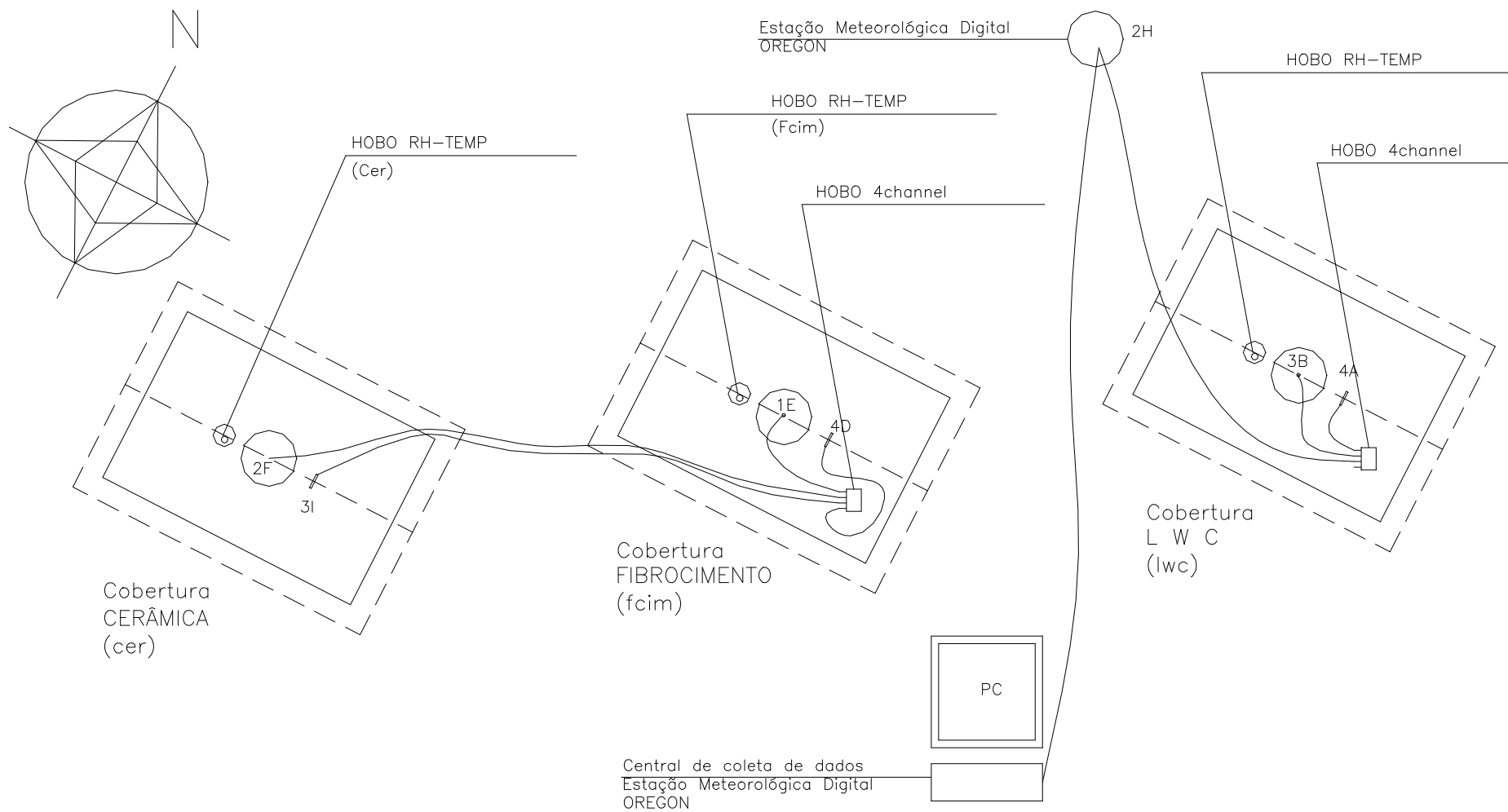


Figura 33 – Esquema de montagem do sistema de aquisição de dados

Os modelos foram construídos para uma seção transversal análoga a um galpão em verdadeira grandeza, e para seção longitudinal, com comprimento equivalente a três módulos, de forma a minimizar o efeito da exposição das empenas ao meio externo, segundo (JENTZSCH, 2002), procedeu-se à aquisição de dados no vão central dos modelos, afim de que fossem evitadas essas interferências.

Foram considerados como usuários das instalações, aves. Essa consideração foi firmada em função dos níveis de exigência em relação aos parâmetros térmicos e ambientais requeridos por esses animais para o desenvolvimento de sua atividade produtiva.

Todos os modelos tiveram suas cumeeiras orientadas no sentido leste-oeste, proporcionando sombreamento completo no interior das instalações. A trajetória solar foi determinada, para o verão, com auxílio de um relógio de sol.

Foram executados beirais para proteção do interior das instalações, também de forma a impedir a incidência solar no interior da instalação.

Para as coberturas testadas foram utilizadas telhas cerâmicas tipo francesa (limpas com escova de aço e lavadas – disponibilidade no CRA), telhas de fibrocimento e telhas de concreto leve, todas apoiadas sobre uma estrutura metálica, conforme lustrado à Figura 34.



Figura 34 – Tipos de coberturas dos modelos experimentais

3.6. Instrumentação

Utilizou-se sistema digital de aquisição de dados, dataloggers HOBO fabricados pela empresa ONSET COMP, instalados no centro geométrico de cada um dos modelos testados, identicamente.

Os dados relativos aos parâmetros utilizados na condução das análises deste trabalho foram determinados a partir de dados coletados a cada 10 minutos.

Para a coleta dos dados referentes às temperaturas de bulbo seco foram utilizados sistemas digitais de aquisição e armazenagem de dados (dataloggers), modelo HOBO, tipo 4CHANNEL, 0-5 Volt e 4-20 mA, com capacidade total para armazenamento de 32520 dados, com intervalos possíveis de aquisição variando de 0,5 segundos a 9 horas. Esses dataloggers e cabos termistores foram utilizados em função da necessidade da coleta de dados contínua, em intervalos de tempo reduzidos por períodos de observação relativamente grandes.

Foram conectados aos dataloggers, cabos termistores de comprimentos variáveis de 0,9m a 6,0m; com range de leituras compreendido entre -20°C a 70 °C, a uma umidade relativa possível de 0 a 95%. O datalogger e os cabos utilizados são apresentados à Figura 35.



a) (datalogger)



b) (termistor)

Figura 35 – HOBO 4CHANNEL - a) sistema digital de coleta e armazenagem de dados
b) sensor de temperatura

Para a coleta dos dados referentes às temperaturas de globo negro, foram utilizados sensores HOBO, modelo 4CHANNEL, acoplados aos cabos que continham os termistores metálicos, posicionados no centro de globo de PVC, pintados com tinta preto fosco. O esquema

de montagem do equipamento para leituras de temperatura de globo negro apresenta-se à Figura 36.



Figura 36 – Esquema de montagem do termômetro de globo negro.

Para a coleta dos dados referentes a umidade relativa (UR) foram utilizados sensores modelo HOBO, tipo RH-TEMP, com range de leitura variando entre 0% e 100% para umidade relativa, com temperatura de operação de 0°C a 50°C conforme ilustrado à Figura 37



Figura 37 – HOBO RH-Temp

Sensor e datalogger para aquisição de dados de temperatura e umidade relativa.

Os dados coletados foram armazenados nos dataloggers dos próprios sensores. Esses dados foram descarregados diariamente em um PC, com auxílio de um software fabricado pela empresa ONSET Computer Corporation, fabricante também dos sensores.

Para a aquisição dos dados externos às instalações, necessárias às análises dos modelos, utilizou-se uma estação climatológica digital OREGON, onde se fez registros dos parâmetros climáticos externos de interesse às análises procedidas. Os dados coletados pela estação foram armazenados em um PC, através do envio destas informações por sensores remotos (wireless) ao do software VIRTUAL WEATHER STATION, como mostrado às Figuras 38 e 39.



Figura 38 – Sensor interno de comunicação remota (armazenamento de dados climáticos coletados em tempo real – estação meteorológica digital OREGON).



Figura 39 – Sensores externo (estação meteorológica digital OREGON).

Para a aquisição dos dados referentes à velocidade do ar no interior das instalações, utilizou-se anemômetro de concha, acoplado a um sensor digital, conforme ilustrado à Figura 40



Figura 40 – Anemômetro de concha.

A partir dos dados coletados, para cada intervalo de tempo, cada tratamento proposto, nos períodos denominados verão e inverno, foram determinados os parâmetros de conforto; ITGU (índice de temperatura de globo negro e umidade) e CTR (carga térmica de radiação), de acordo com as equações apresentadas na revisão de literatura.

3.7. Elementos de cobertura

Os modelos foram implementados com elementos de cobertura de materiais diferenciados, os modelos denominados LWC, receberam cobertura de concreto leve com 20mm de espessura (placas moldadas no LEC/UFV), os modelos denominados Fcim receberam cobertura de fibrocimento com 5mm de espessura (telha ondulada padrão) e os modelos denominados Cer receberam cobertura com espessura de 20mm (telha francesa).

3.8. Delineamento experimental

O experimento foi montado segundo delineamento em blocos casualizados, em um esquema de parcelas subdivididas. Como parcelas, foram tomados os tipos de cobertura (tratamentos LWC, Fcim e Cer), nas subparcelas os horários das observações, e, como blocos as repetições; dias em que foram tomados os dados, para as condições de verão e inverno, separadamente.

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, segundo modelo que analisou a interação das variáveis dependentes umidade relativa (UR), temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de globo negro (Tgn) índice temperatura globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação em função das repetições (dia), da hora de cada evento (hora) e de cada tipo de cobertura (tratamento).

Foram conduzidos testes de média para a determinação da significância das interações entre as variáveis dependentes, para cada tratamento no intervalo de tempo considerado em cada dia.

Foram realizadas análises de regressão, para testar a validade das interações entre as variáveis independentes UR, Tbs, Tgn, ITGU, e CTR em função de cada intervalo de tempo considerado (hora), para os tratamentos empregados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises granulométricas, conduzidas segundo prescrições NBR 7217/87, indicaram que os agregados estavam inclusos nas faixas granulométricas relativas à brita 0 e brita 2. Na Figura 41, apresentam-se os agregados leves de argila expandida utilizados no preparo dos traços experimentais do concreto leve.



Figura 41 – Argila expandida 2215 (brita 2) e 1506 (brita 0)

As amostras de argila expandida utilizadas nas dosagens do concreto leve foram submetidas ao ensaio de absorção, com imersão por 24 e 48 horas, indicando absorção de 5% e 7% para a granulometria 2215 e 3,5% e 6,0% para a granulometria 1506, (NBR 9937/86).

A umidade natural dos grãos, acondicionados em sacos de nylon de 50 litros, armazenadas no LEC, apresentaram valores médios para umidade natural de 2%.

As amostras de argila expandida, tiveram sua densidade aparente determinada segundo NBR 7251/82, para os estados natural, seco, e saturado a 24 e 48 horas. Os resultados apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Densidade aparente argila expandida CINEXPAN

Densidade Aparente g (kg/m³)	Argila CINEXPAN 2215	Argila CINEXPAN 1506
Natural (γ)	500,0	580,0
Seca (γ_s)	490,2	568,6
Saturado 24h (γ_{sat}^{24})	525,0	600,3
Saturado 48h (γ_{sat}^{48})	535,0	614,8

Para atendimento às prescrições de projeto de estruturas executadas em concreto leve de argila expandida, REGLAMENTO CIRSOC 202 (1995), foram determinados os percentuais de partículas fraturadas para as amostras 2215 e 1506, os quais apresentaram percentuais de 0,5 e 1,2%, respectivamente. Os percentuais determinados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Percentual de partículas fraturadas em massa

Argila CINEXPAN 2215	0,5%
Argila CINEXPAN 1506	1,2%

Os limites de aceitação para o percentual de partículas fraturadas é de 5%, CIRSOC 202, o que indica que as amostras analisadas estão de acordo com os padrões de conformidade regulamentados.

A massa unitária dos grãos de argila expandida, foram determinadas no LEC, segundo prescrições normativas da NBR 7251/83. Os grãos de argila expandida CINEXPAN apresentaram massa unitária de 400kg/m³ para o tipo 2215 e 480kg/m³ para o tipo 1506.

As placas de concreto leve de argila expandida CINEXPAN, foram moldadas a partir dos resultados obtidos dos ensaios de compressão e massa específica seca dos traços indicados nas Tabelas A1.1 a A1.13 do apêndice A. A partir da indicação do traço que apresentou melhor desempenho estrutural, em função da geometria das placas e das armaduras, procurou-se proceder à análise complementares, conciliando os resultados de formas que cada elemento de cobertura pudesse apresentar o máximo desempenho em cada uma das características desejáveis.

Assim, apresentam-se os resultados obtidos para cada um dos parâmetros analisados.

4.1. Concreto leve de argila expandida

Os resultados das análises dos ensaios de compressão, e, massa específica seca e úmida, realizados nos corpos de prova de concreto leve de argila expandida tipo 2215 e 1506, para os traços dimensionados, apresentam-se às Figuras 42 e 43, respectivamente.

As curvas referentes aos ensaios de compressão, dos corpos de prova em concreto leve apresentadas na Figura 42, indicaram as dosagens que apresentaram melhor desempenho estrutural.

Resistência à compressão para as dosagens LWC para idades de 3, 7, 14 e 28 dias

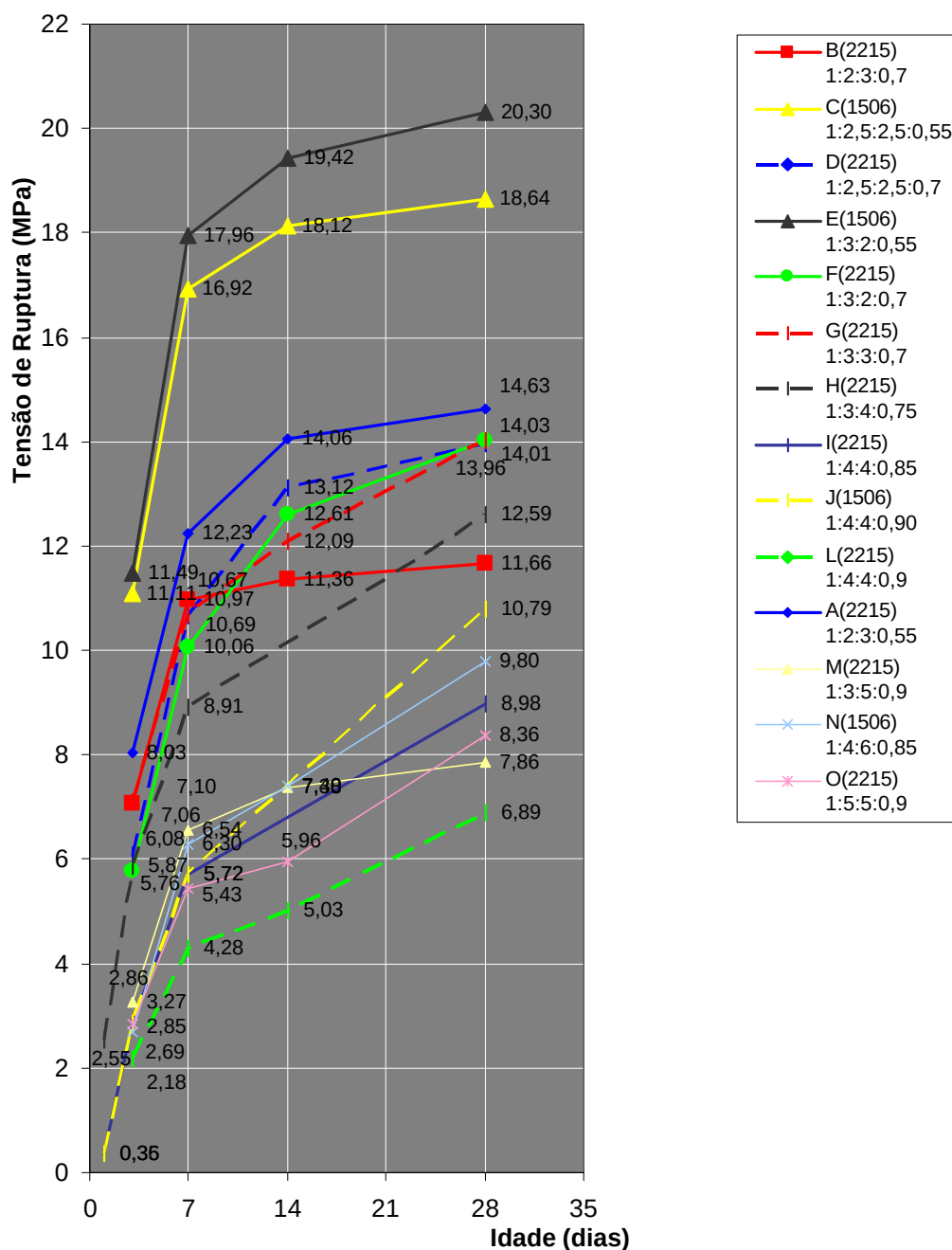


Figura 42 – Tensão de ruptura dos CPs LWC para idades de 3,7, 14 e 28 dias

Pode-se observar que as dosagens que se utilizaram de agregados leves de menor granulometria (argila expandida tipo 1506) apresentaram melhor desempenho estrutural, quando

comparados aos traços que se utilizaram de agregados leves de maior granulometria (argila expandida tipo 2215).

A diferença no desempenho estrutural justifica-se, por possuírem, os grãos menores de argila expandida maior resistência mecânica. Essa resistência mecânica pode ser atribuída à espessura da camada vítrea de recobrimento do material expandido, que para os grãos menores apresenta-se proporcionalmente aos grãos maiores, em maior quantidade. Além disso, ocorre que o concreto moldado com partículas menores possui maior superfície específica, para esses agregados, o que sugere uma maior quantidade de argamassa de cimento para o envolvimento de todos os grãos. Esse aumento na proporção de argamassa sugere uma estrutura mais monolítica, a ponto de proporcionar maiores resistências mecânicas conforme observado nos ensaios. Como forma de ilustração ao exposto, pode-se analisar os traços J(1506) 1:4:4:0,90 e L(2215) 1:4:4:0,90. O traço J(1506) moldado com argila expandida de granulometria menor apresentou para idade de 28 dias, $RCC_{21} = 10,79\text{Mpa}$, enquanto o traço L(2215), apresentou para idade de 28 dias, $RCC_{28} = 6,89\text{Mpa}$.

O mesmo observa-se para os traços de maior desempenho mecânico; E(1506) 1:3:2:0,55 e F(2215) 1:3:2:0,55. A resistência mecânica do $RCC_{28}^E = 20,30\text{Mpa}$, enquanto $RCC_{28}^F = 14,03\text{Mpa}$. Todas as observações foram conduzidas para traços de mesmo teor de cimento e mesmo fator a/c (água/cimento).

Analisando os dados apresentados na Figura 42, pode-se confirmar que traços com maior massa específica indicam presença de maior quantidade de argamassa, induzindo o fluxo de tensões na massa endurecida através da argamassa, o que reduz a concentração de tensões nos agregados leves, LEONHARDT e MÖNNIG (1979). O estado de tensões nas dosagens ricas em argamassa, proporciona melhor desempenho estrutural, o que justifica-se também segundo análise das massas específicas determinadas para os traços analisados mecanicamente; J(1506)=1495,53kg/m³ (10,79Mpa), L(2215)=1485,07kg/m³ (6,89MPa), E(1506) = 1684,83kg/m³ (20,30MPa) e F(2215) = 1533,98kg/m³ (14,03MPa)

A figura 43, apresenta os resultados das análises para a determinação das massas específicas secas e úmidas, para as dosagens estudadas, tendo variado o teor de argamassa em relação à granulometria dos agregados leves e sua concentração na mistura.

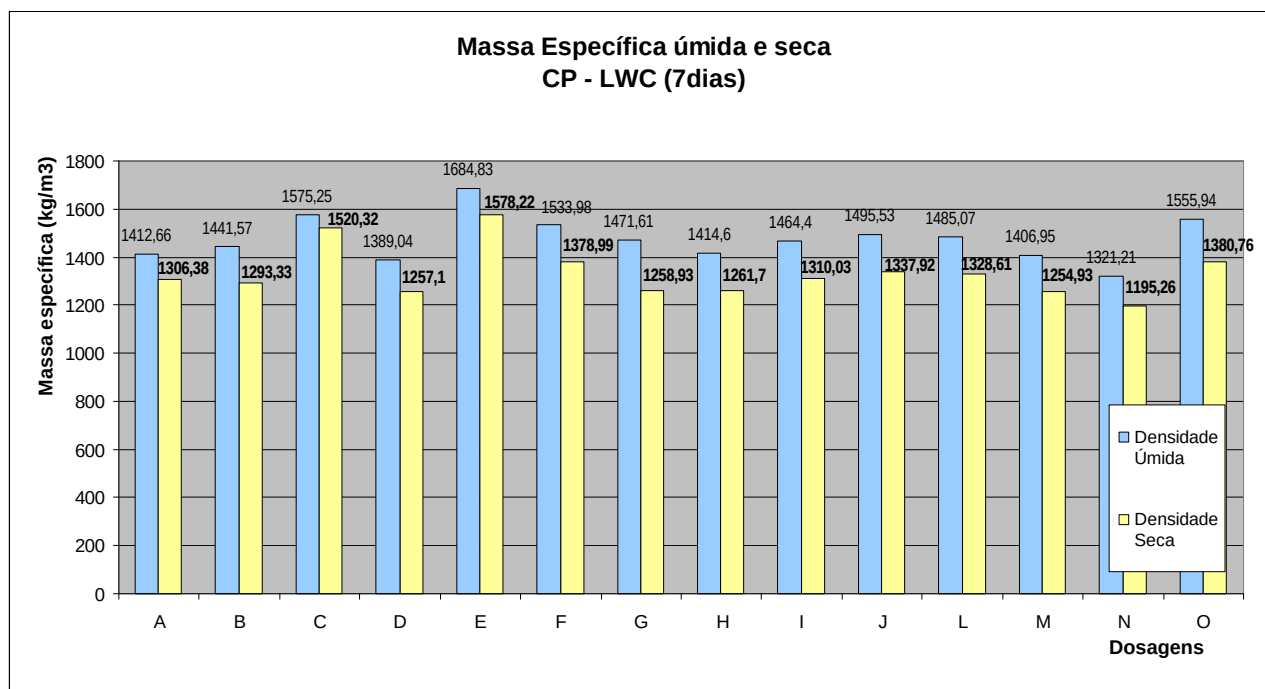


Figura 43 – Massa específica úmida e seca por traço LWC

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises dos ensaios para determinação do desempenho estrutural dos traços confeccionados a partir da utilização da argila expandida tipo CINEXPAN 1506, para a moldagem das telhas LWC utilizadas na cobertura da instalação testada.

Tabela 4 – Resistência à compressão e massa específica seca e úmida para traços com agregado leve tipo CINEXPAN 1506

Traço	Rcc ₀₃ (MPa)	Rcc ₀₇ (MPa)	Rcc ₁₄ (MPa)	Rcc ₂₈ (MPa)	Massa Específica (kg/m³)	
					Seca	Úmida
C 1506 (1:2,5:2,5:0,55)	11,11	16,92	18,12	18,64	1520,32	1575,25
E 1506 (1:3:2:0,55)	11,49	17,96	19,42	20,30	1578,22	1684,83
J 1506 (1:4:4:0,90)	2,86	5,72	7,40	10,79	1337,92	1495,53
N 1506 (1:4:6:0,85)	2,69	6,30	7,40	9,80	1195,26	1321,21

Para a moldagem das placas de cobertura do modelo que possuíam espessura de 20mm, foram adotadas os agregados com diâmetro de 9mm (1506).

Em função dos resultados da análise de desempenho estrutural, e massa específica seca, verificou-se qual dosagem apresentou maior resistência mecânica para as menores massas específicas. Assim, após análise, determinou-se ser o traço N, a dosagem que apresentou melhor correlação de correspondência aos parâmetros de projeto e dimensionamento das telhas LWC. Esses parâmetros foram adotados como sendo $R_{cc} = 10\text{MPa}$ e $\gamma_s = 1000\text{kg/m}^3$.

O traço N apresentou resultados $R_{cc28}^N = 9,8\text{MPa}$ e $\gamma_s = 1195,26\text{kg/m}^3$, bem como características de trabalhabilidade adequada e relação de custo reduzida em relação ao consumo de cimento/ m^3 , quando comparado com o traço J, por exemplo, Figura 33.

4.1.2. Permeabilidade

Os resultados obtidos a partir dos ensaios de permeabilidade a carga constante, CAPUTO (1985), para leituras nos intervalos de tempo de 0, 15, 30 e 60 minutos e 2, 4, 6, 8, 24 e 48 horas, indicaram ser a placa de concreto leve de argila expandida, impermeável. Não observou-se gotejamento na base da placa, abaixo de onde foi aplicada a carga hidráulica de 1mca para as espessuras analisadas de 6,5cm e 2,0cm, para o tempo máximo de observação de 48h.

4.1.3. Desempenho térmico

Os resultados para o desempenho térmico de projeto das placas confeccionadas, nos traços indicados foram determinados em função dos parâmetros de massa específica obtidos em laboratório e das referências fornecidas pelo Comitê Brasileiro de Construção Civil CB-02 ABNT, (1998). Apresentam-se na Tabela 05, os valores experimentais para as propriedades relativas ao desempenho térmico dos materiais dos traços dimensionados.

Tabela 05 – Massa específica, condutividade térmica (k) e calor específico (c) concreto leve de argila expandida, telhas cerâmicas e fibrocimento

Elementos	k	c	Massa Específica (kg/m ³)	
			seca	úmida
Concreto leve - Traço N 1506	-	-	1195,26	1321,21
Concreto leve	0,46	1,00	1000	1300
Concreto leve	0,70	1,00	1200	1400
Concreto leve	0,85	1,00	1400	1600
Cerâmica	0,70	0,92	1000	1300
Fibrocimento	0,65	0,84	1400	1800

CB-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil 1998 - PNB 02:135.07-002

Para o traço N, adotado na confecção das placas de concreto leve de argila expandida, o valor da resistividade térmica em função da densidade determinada para os corpos de prova analisados, equivale ao valor indicado para a cerâmica $k_{LWC} = k_{Cer} = 0,7$; enquanto o valor de k indicado para o fibrocimento é $k_{Fcim} = 0,65$. Esses valores indicam que o material LWC e Cer apresentam melhor desempenho quando submetidos à gradientes de temperatura em relação ao material Fcim.

As telhas LWC foram confeccionadas com espessura ($e_{LWC} = 2,0\text{cm}$), superior à espessura média das telas cerâmicas utilizadas nesse experimento ($e_{cer} = 1,5\text{cm}$), além disso, a superfície de exposição à radiação solar das telas cerâmicas (forma com arestas e curvas) e telhas de fibrocimento (ondulações) são maiores que das telhas LWC, e ainda, as telhas cerâmicas possuem cor mais escura (vermelho) que a cor das telhas LWC (cinza claro). Em função desses parâmetros físicos, justifica-se desempenho superior das telhas LWC em relação às telhas cerâmicas e fibrocimento testadas, relativamente aos parâmetros térmicos de conforto, conforme apresentado às análises seguintes.

4.2. Modelos experimentais

As coletas de dados procedidas nos modelos reduzidos, JENTSCH (2002), forneceram resultados para a análise do desempenho térmico das coberturas em telhas de fibrocimento (Fcim), telhas cerâmicas (Cer) e nas coberturas em concreto leve de argila expandida (LWC), comparativamente.

O desempenho dessas coberturas foi determinado em função dos índices térmicos ambientais; umidade relativa (UR), temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de globo negro (Tgn), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR) para condições de verão e inverno.

Para tanto, apresentam-se as análises estatísticas aplicadas a cada um dos tratamentos, nos intervalos de tempo considerados.

4.2.1. Análise de variância

A análise de variância para as médias horárias de UR, Tbs, Tgn, ITGU e CTR, para as condições de verão, correspondente aos tratamentos e horários de observações, apresentam-se na Tabela 06. Os dados relativos às médias horárias de cada bloco, para cada tratamento no tempo encontram-se nos ANEXOS A2, A3 e A4, deste trabalho.

Tabela 06. Resumo das análises de variância para tratamentos (coberturas) e horários de observação (H) em relação aos parâmetros adotados.

FV	GL	Quadrado Médio				
		UR	Tbs	Tgn	ITGU	CTR
Repetições (B)	19	770,8547	394,7036	230,4194	259,7513	5875,432
Cobertura (T)	3	129,1463*	3,349890*	226,5804*	300,6170*	2019,742*
B * T	57	9867,7870	523,8576	3814,136	3383,439	119028,8
Hora (H)	10	66,90321*	4,346424*	10,79766*	11,83663*	651,8708*
H * T	30	45,83270**	1,744715*	926,1603*	1306,447*	14355,78*
RESÍDUO	879	1449,440	74,72782	59,84690	43,64036	4100,013

* - F Significativo a 1% de probabilidade

** - F Significativo a 5% de probabilidade

n. s. - F não significativo a 5% de probabilidade

A análise de variância para os parâmetros estudados UR (umidade relativa), Tbs (temperatura de bulbo seco), Tgn (temperatura de globo negro), ITGU (índice temperatura globo negro e umidade) e CTR (carga térmica de radiação), indicou serem significativas ao nível de 1% e 5% de probabilidade as interações propostas para tipos de cobertura (T) e variação horária (H) para parâmetros observados.

Observa-se na Tabela 06, que para todas as variáveis e interações no tempo, houveram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.2. Teste de média - Umidade Relativa (UR) - VERÃO

Na Tabela 07 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de UR (umidade relativa), submetidos aos tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}, nos intervalos de tempo de 8 às 18 horas.

Tabela 07. Valores médios de UR – VERÃO para tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
8	1	87,02	A
8	2	91,60	A
8	3	86,83	A
8	4	92,18	A
9	1	82,89	A
9	2	79,52	A
9	3	79,25	A
9	4	77,60	A
10	1	73,45	A
10	2	72,47	A
10	3	70,72	A
10	4	67,92	A
11	1	67,88	A
11	2	67,51	A
11	3	64,51	A
11	4	62,54	A
12	1	63,74	A
12	2	62,56	A B
12	3	58,57	A B
12	4	57,50	B
13	1	62,37	A
13	2	59,98	A B
13	3	55,71	A B
13	4	55,53	A B
14	1	59,14	A
14	2	57,83	A
14	3	54,80	A
14	4	54,08	A
15	1	59,13	A
15	2	58,01	A
15	3	54,74	A
15	4	53,81	A
16	1	58,19	A
16	2	57,85	A
16	3	55,31	A
16	4	54,19	A
17	1	63,78	A
17	2	63,42	A
17	3	61,05	A
17	4	59,93	A
18	1	78,25	A
18	2	77,45	A
18	3	73,65	A
18	4	73,35	A

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

O teste de média, mostra não haver diferença significativa para UR, entre os tratamentos 1^{LWC}, 2^{fcim}, 3^{cer}, no horário de 12h, apresentando diferença significativa apenas entre os tratamentos 1^{LWC}, 2^{fcim}, 3^{cer} e o meio externo, 4^{ext}.

O teste de média, mostra não haver diferença significativa para UR, entre os tratamentos 2^{fcim}, 3^{cer}, 4^{ext} e no horário de 13h, apresentando diferença significativa apenas esses tratamentos e o tratamento 1^{LWC}.

O teste de média, mostra não haver diferença significativa para UR, entre os tratamentos 1^{LWC}, 2^{fcim}, 3^{cer}, 4^{ext} para os demais horários de observação.

A equação de regressão foi determinada a partir das análises de cada efeito (UR, Tbs, Tgn, ITGU e CTR) em relação a seu tratamento (LWC, Fcim, Cer e Ext). Assim foram determinadas as equações de regressão em função de UR, Tbs, Tgn, ITGU e CTR, sob o condicionante dos tratamentos adotados; LWC, Fcim, Cer e Externo.

Essa equação de regressão ajustada em função das observações médias horárias, apresentou melhor concordância ao fenômeno que se pretende modelar, como sendo cúbica, ao nível de significância de 5% (**) de probabilidade, assumindo então as seguintes formas:

$Y = 123,2210 + 2,9224H - 1,4237H^2 + 0,0613H^3$	$R^2=0,99$	(LWC)
$Y = 129,7100 + 2,5942H - 1,4251H^2 + 0,0619H^3$	$R^2=0,98$	(Fcim)
$Y = 102,9380 + 5,3978H - 1,3749H^2 + 0,0544H^3$	$R^2=0,97$	(Cer)
$Y = 182,9320 - 9,4455H - 0,6441H^2 + 0,0464H^3$	$R^2=0,94$	(Ext)

Apresentam-se nas Figuras 44 e 45, as curvas relativas aos dados observados das médias diárias para UR, nos horários pré-determinados, para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer} em relação ao ambiente externo 4^{Externo}.

Observa-se da análise destes gráficos que os tratamentos aplicados apresentaram comportamento semelhante no período de observações, ao comportamento do parâmetro externo.

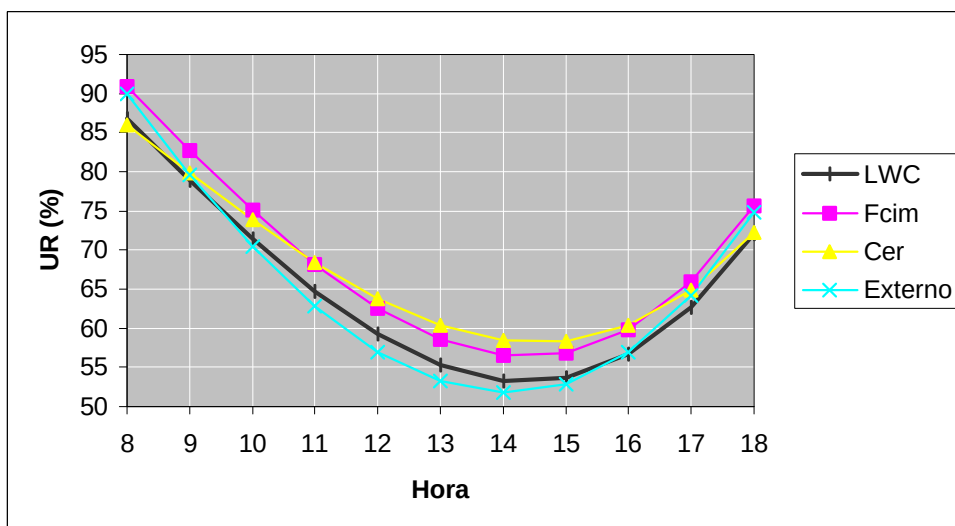


Figura 44 Valores estimados de UR para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

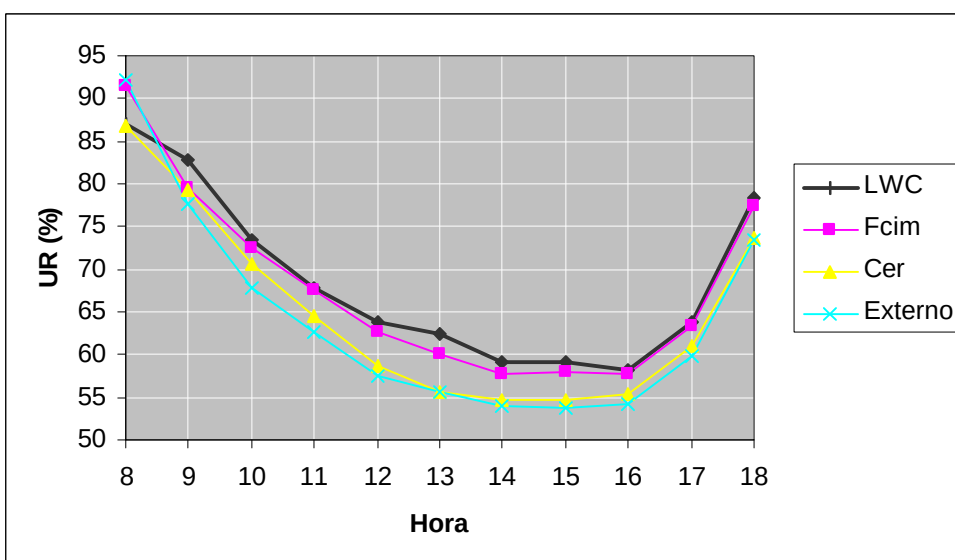


Figura 45. Valores lidos de UR para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

As curvas plotadas em função dos dados estimados pela análise de regressão apresentam valores diferenciados para UR no intervalo horário de 12 às 15 horas, onde podemos observar valores de UR mais baixos para os modelos LWC. Os valores de UR apresentam-se maiores para os modelos Fcim e Cer, nesta ordem. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de que as coberturas LWC são impermeáveis à água, não guardando em seus interstícios umidade proveniente do ambiente nos horários mais críticos, apresentando por isso, relativa constância no valor da UR, nos valores diários quando comparado aos valores do

ambiente externo. A cobertura Fcim devido a sua reduzida espessura e porosidade superficial elevada, pode ter fornecido UR ao modelo, quando da variação diária e a cobertura Cer, devido a sua porosidade e conformação quando da montagem.

Nos intervalos extremos da predição 8h e 18h, onde os valores de UR no meio externo são mais elevados, esses valores para os modelos LWC e Cer, apresentaram-se ligeiramente menores. Fato que pode também ser justificado em função das propriedades da cobertura LWC.

As curvas relativas aos valores observados das médias diárias para UR, para os três tratamentos e o ambiente externo, apresentaram comportamento similar ao longo do dia, acompanhando a variação da UR do ambiente externo

4.2.3. Teste de média - Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) - VERÃO

Na Tabela 08 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de Tbs (temperatura de bulbo seco), submetidos aos tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}, nos intervalos de tempo de 8 às 18 horas.

Tabela 08. Valores médios de Tbs – VERÃO para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
8	1	18,9825	B
8	2	20,4555	
8	3	20,6770	
8	4	20,2800	
9	1	20,7300	B
9	2	22,4050	
9	3	22,6025	
9	4	23,0575	
10	1	22,3505	B
10	2	24,1570	
10	3	24,2520	
10	4	25,2430	
11	1	23,6500	C
11	2	25,5245	
11	3	25,5610	
11	4	26,9624	
12	1	24,6520	C
12	2	26,5300	
12	3	26,5695	
12	4	28,4345	
13	1	25,2930	C
13	2	27,1800	
13	3	27,2700	
13	4	28,8830	
14	1	25,5585	C
14	2	27,5535	
14	3	27,6377	
14	4	29,5420	
15	1	25,5715	C
15	2	27,4425	
15	3	27,5700	
15	4	29,9355	
16	1	25,4915	C
16	2	27,4430	
16	3	27,5190	
16	4	29,7405	
17	1	24,3160	C
17	2	26,1765	
17	3	26,4800	
17	4	28,2905	
18	1	21,557	B
18	2	23,1575	
18	3	23,5620	
18	4	23,5865	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, o tratamento **1^{LWC}** apresentou diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tbs**, em relação aos tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** e comparativamente ao meio externo, **4^{Ext}**; segundo o teste de médias aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, os tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tbs**, quando comparados entre si. Ainda assim, apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados ao meio externo, **4^{Ext}**.

De acordo com o teste de médias a eficiência das instalações cobertas com telhas LWC (**1^{LWC}**), foi melhor do que aquele obtido com coberturas em telhas de fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmicas (**3^{Cer}**). Esse fato se justifica em função das características geométricas próprias de cada telha. As telhas LWC possuem menor área unitária de exposição à radiação solar, comparativamente às telhas em fibrocimento e cerâmicas. As telhas LWC apresentam ainda maior inércia térmica, em relação às outras coberturas testadas, em função de seu coeficiente térmico de isolamento ($k=0,7$) e sua espessura ($e=2\text{cm}$)

Observa-se ainda que para o intervalo de tempo das medições entre os horários 12h e 15h, as instalações cobertas com as telhas LWC, observaram uma redução média de Tbs em relação ao ambiente externo de 13,5%, que no horário mais quente do dia, representa um gradiente térmico de 4°C.

As instalações cobertas com as telhas cerâmicas (**3^{Cer}**) e fibrocimento (**2^{Fcim}**) permitiram redução média de Tbs em relação ao ambiente externo de 6,8%, que representa no horário mais quente do dia um gradiente térmico de 2,1°C.

A análise de regressão, por meio das equações seguintes, indica valores estimados de Tbs para as instalações cobertas com as telhas LWC (**1^{LWC}**) inferiores àqueles estimados para as coberturas fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmica (**3^{Cer}**). Essa análise mostra ainda que os valores estimados de Tbs estão próximos, e que as curvas construídas para os tratamentos testados acompanham a variação horária do parâmetro Tbs analisado ao longo do dia, Figuras 46 e 47.

$Y = 14,0131 - 1,17715H + 0,33622H^2 - 0,0136944H^3$	$R^2=0,98$	(LWC)
$Y = 14,0133 - 0,960533H + 0,335856H^2 - 0,014059H^3$	$R^2=0,98$	(Fcim)
$Y = 14,7218 - 0,983751H + 0,327262H^2 - 0,013562H^3$	$R^2=0,96$	(Cer)
$Y = 19,1922 - 3,11512H + 0,591582H^2 - 0,0223678H^3$	$R^2=0,96$	(Ext)

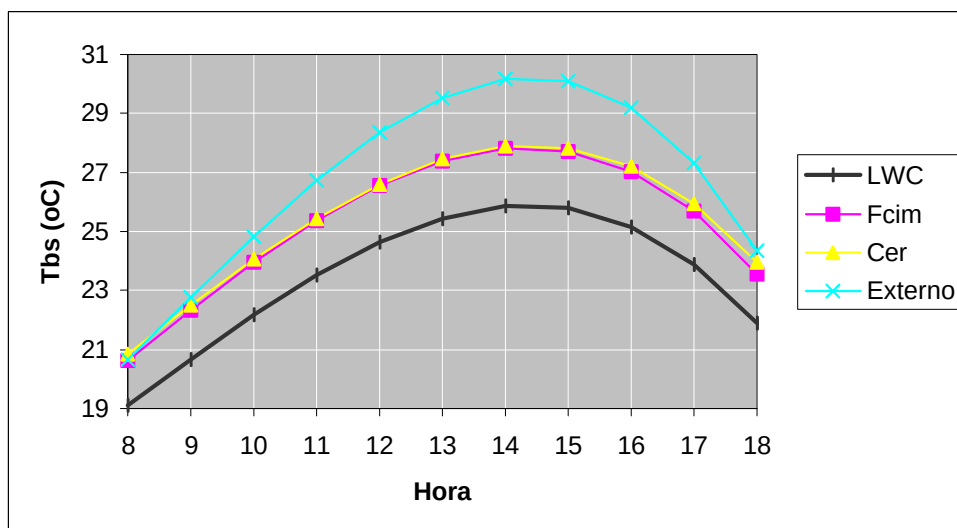


Figura 46. Valores estimados de Tbs para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

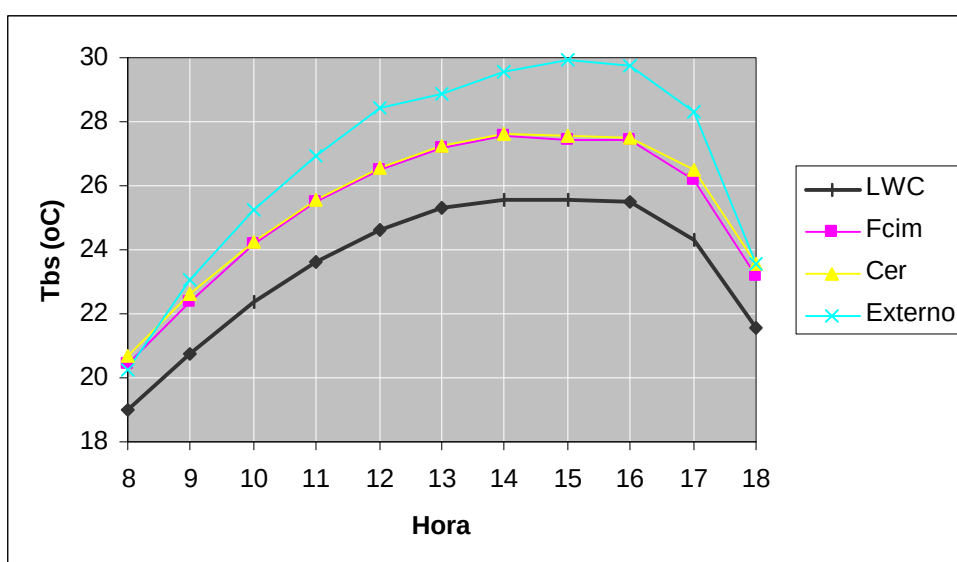


Figura 47. Valores lidos de Tbs para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

As curvas relativas aos valores observados das médias diárias para Tbs, para os três tratamentos e o ambiente externo, apresentaram comportamento similar ao longo do dia, acompanhando a variação da Tbs do ambiente externo

4.2.4. Teste de média - Temperatura de Globo Negro (Tgn) - VERÃO

Na Tabela 09 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de TGN (temperatura de globo negro), submetidos aos tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}, nos intervalos de tempo de 8 às 18 horas.

Tabela 09. Valores médios de Tgn – VERÃO para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
8	1	19,4630	B
8	2	21,1660	B
8	3	21,1960	B
8	4	25,2470	A
9	1	21,6270	C
9	2	23,6460	B
9	3	23,7220	B
9	4	31,4500	A
10	1	23,7585	C
10	2	25,8235	B
10	3	25,7080	B
10	4	35,3985	A
11	1	25,3505	C
11	2	27,4655	B
11	3	27,1510	B C
11	4	37,1945	A
12	1	26,7760	C
12	2	28,7610	B
12	3	28,4175	B C
12	4	38,2415	A
13	1	27,4755	C
13	2	29,3950	B
13	3	29,0055	B C
13	4	38,8830	A
14	1	27,8430	B
14	2	29,8000	B
14	3	29,3950	B
14	4	39,6320	A
15	1	27,4945	C
15	2	29,1040	B C
15	3	29,4610	B
15	4	38,4130	A
16	1	27,1840	C
16	2	29,1360	B
16	3	28,8090	B C
16	4	38,1080	A
17	1	25,6160	C
17	2	27,6462	B
17	3	27,5410	B
17	4	33,0050	A
18	1	22,2935	B
18	2	24,1545	A
18	3	24,2965	A
18	4	23,1050	A B

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, o tratamento **1^{LWC}** apresentou diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tgn**, em relação aos tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** e comparativamente ao meio externo, **4^{Ext}**; segundo o teste de médias aplicado, exceto para a observação horária 14h, onde os tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}** e **3^{Cer}**, não apresentaram diferença estatisticamente significativa quando comparados entre si. Ainda assim, apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados ao meio externo, **4^{Ext}**.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, os tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tgn**, quando comparados entre si. Ainda assim, apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados ao meio externo, **4^{Ext}**.

Justifica-se a diferença entre os tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}** e **3^{Cer}**, quando comparados ao meio externo **4^{Ext}**, e entre os próprios tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}** e **3^{Cer}**, como sendo o parâmetro **Tgn** um reflexo direto da temperatura (**Tbs**) no interior da instalação e função também da massa de ar que se desloca pela instalação. Como as telhas **LWC** possuem menor área de exposição à radiação solar, conseqüentemente absorvendo menor carga de calor (proporcionalmente às outras coberturas), e uma maior inércia térmica, em função de sua massa, proporcionando com isso maior isolamento térmico, isso implica numa menor taxa de calor irradiado para o sensor globo negro, analogamente às considerações procedidas para o parâmetro **Tbs**.

Observa-se ainda que para o intervalo de tempo das medições entre os horários 12h e 15h, as instalações cobertas com as telhas **LWC**, permitiram uma redução média de **Tgn** em relação ao ambiente externo de 29,4%, que no horário mais quente do dia, representa um gradiente térmico de 11,7°C, para **Tgn**. As instalações cobertas com as telhas cerâmicas (**3^{Cer}**) e fibrocimento (**2^{Fcim}**) apresentaram redução média de **Tgn** em relação ao ambiente externo de 24,8%, que representa no horário mais quente do dia um gradiente térmico de 9,8°C.

A análise de regressão, por meio das equações seguintes, indica valores estimados de **Tgn** para as instalações cobertas com as telhas **LWC** (**1^{LWC}**) inferiores àqueles estimados para as coberturas fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmica (**3^{Cer}**). Essa análise mostra ainda que os valores estimados de **Tgn** estão próximos, e que as curvas construídas para os tratamentos testados acompanham a variação horária do parâmetro **Tgn** analisado ao longo do dia, Figuras 48 e 49.

$Y = 8,02561 - 0,259899H + 0,334613H^2 - 0,0152893H^3$	$R^2=0,99$	(LWC)
$Y = 5,21623 + 0,84933H + 0,252408H^2 - 0,01333H^3$	$R^2=0,98$	(Fcim)
$Y = 3,30772 + 1,55117H + 0,175225H^2 - 0,010855H^3$	$R^2=0,98$	(Cer)
$Y = 10,1025 - 2,00263H + 0,78879H^2 - 0,0351337H^3$	$R^2=0,91$	(Ext)

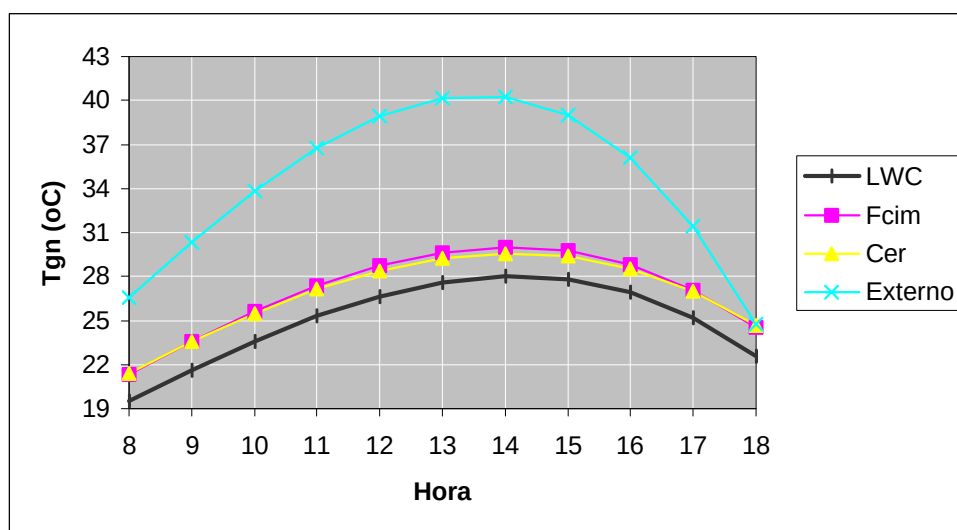


Figura 48. Valores estimados de Tgn para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

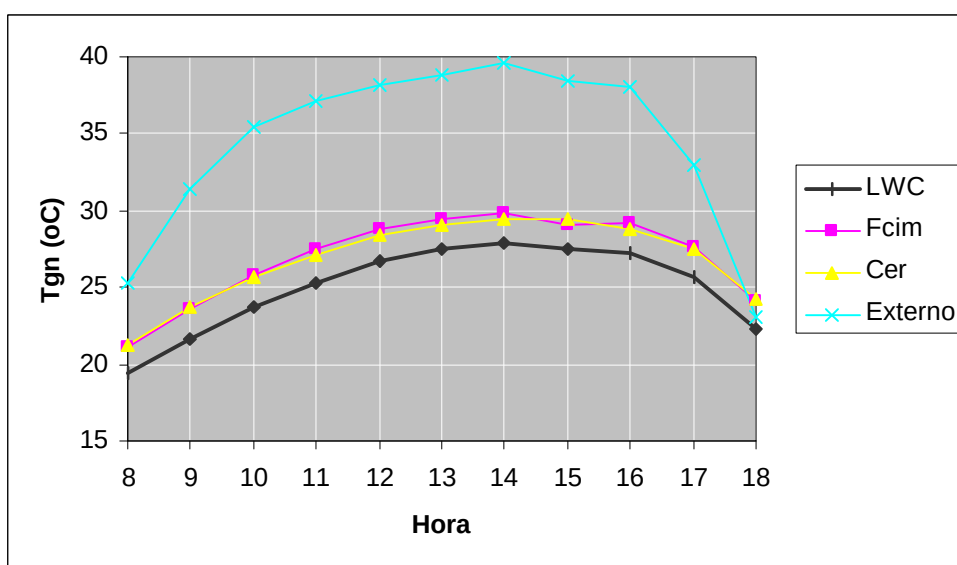


Figura 49. Valores lidos de Tgn para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

As curvas relativas aos valores observados das médias diárias para Tgn, para os três tratamentos e o ambiente externo, apresentaram comportamento similar ao longo do dia, acompanhando a variação da Tgn do ambiente externo

4.2.5. Teste de média - Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) - VERÃO

Na Tabela 10 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de ITGU (índice temperatura de globo negro e umidade), submetidos aos tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}, nos intervalos de tempo de 8 às 18 horas.

Tabela 10. Valores médios de ITGU – VERÃO para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
8	1	68,0079	C
8	2	70,4290	B
8	3	70,4892	B
8	4	73,3141	A
9	1	70,6921	C
9	2	73,4843	B
9	3	73,6207	B
9	4	79,6012	A
10	1	73,2576	C
10	2	76,1407	B
10	3	76,1117	B
10	4	83,8565	A
11	1	75,2115	C
11	2	78,1937	B
11	3	78,0094	B
11	4	86,2844	A
12	1	76,8101	C
12	2	79,7273	B
12	3	79,5533	B
12	4	87,9614	A
13	1	77,6882	C
13	2	80,5854	B
13	3	80,4466	B
13	4	88,2649	A
14	1	78,1413	B
14	2	81,0771	B
14	3	80,9075	B
14	4	89,6829	A
15	1	77,8838	C
15	2	80,7539	B
15	3	80,6421	B
15	4	89,0494	A
16	1	77,6215	C
16	2	80,5001	B
16	3	80,3556	B
16	4	88,6902	A
17	1	75,7929	C
17	2	78,6656	B
17	3	78,8319	B
17	4	84,2665	A
18	1	71,6735	B
18	2	74,2758	A
18	3	74,6024	A
18	4	73,8496	A

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, o tratamento **1^{LWC}** apresentou diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **ITGU**, em relação aos tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** e comparativamente ao meio externo, **4^{Ext}**; segundo o teste de médias aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, os tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **ITGU**, quando comparados entre si. Ainda assim, apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados ao meio externo, **4^{Ext}**.

Os resultados do teste de médias apontam para um melhor desempenho das instalações cobertas com telhas LWC (**1^{LWC}**), em relação às aquelas com coberturas em telhas de fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmicas (**3^{Cer}**). Esse fato se justifica em função do melhor desempenho da cobertura LWC testada para os parâmetros Tbs e Tgn.

Observa-se ainda que para o intervalo de tempo das medições entre os horários 12h a 15h, as instalações cobertas com as telhas LWC (**1^{LWC}**), observaram um valor médio de ITGU inferior em relação ao ambiente externo de 12,5%.

As instalações cobertas com as telhas LWC (**1^{LWC}**), observaram um valor médio de ITGU inferior em relação ao ambiente externo de 9,4%, entre os horários de 12h a 15h.

A análise de regressão, por meio das equações seguintes, indica valores estimados de ITGU para as instalações cobertas com as telhas LWC (**1^{LWC}**) inferiores àqueles estimados para as coberturas fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmica (**3^{Cer}**). Essa análise mostra ainda que os valores estimados de ITGU estão próximos, e que as curvas construídas para os tratamentos testados acompanham a variação horária do parâmetro ITGU analisado ao longo do dia, figuras 50 e 51.

$Y = 55,4237 - 0,58734H + 0,422769H^2 - 0,0188116H^3$	$R^2=0,99$	(LWC)
$Y = 52,866 + 0,5227962H + 0,351476H^2 - 0,0173774H^3$	$R^2=0,98$	(Fcim)
$Y = 52,0012 + 0,928749H + 0,302464H^2 - 0,015701H^3$	$R^2=0,98$	(Cer)
$Y = 61,5179 - 3,42174H + 0,949384H^2 - 0,0397839H^3$	$R^2=0,92$	(Ext)

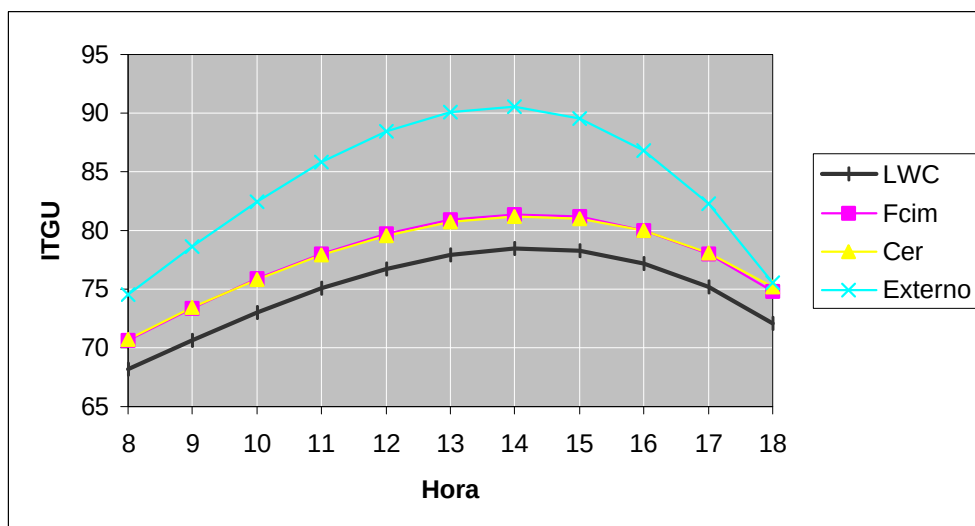


Figura 50. Valores estimados de ITGU para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

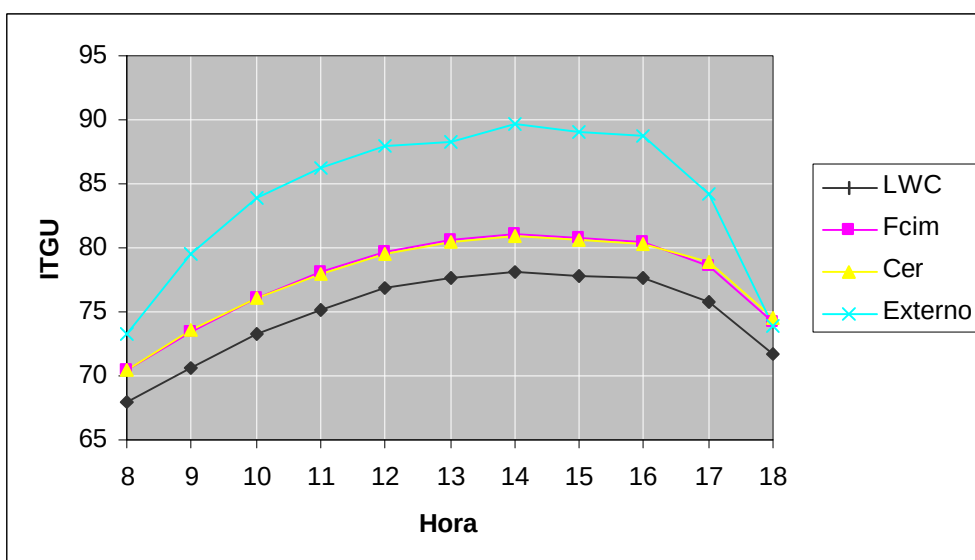


Figura 51. Valores lidos de ITGU para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

As curvas relativas aos valores observados das médias diárias para ITGU, para os três tratamentos e o ambiente externo, apresentaram comportamento similar ao longo do dia, acompanhando a variação do ITGU do ambiente externo

4.2.6. Teste de Média - Carga Térmica Radiante (CTR) - VERÃO

Na Tabela 11 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de CTR (carga térmica de radiação), submetidos aos tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}, nos intervalos de tempo de 8 às 18 horas.

Tabela 11. Valores médios de CTR – VERÃO para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
8	1	7,2724	A
8	2	8,0699	A
8	3	7,8262	A
8	4	11,1802	A
9	1	10,9554	B
9	2	13,2231	B
9	3	13,6440	B
9	4	44,9430	A
10	1	16,8525	B
10	2	18,5477	B
10	3	17,9270	B
10	4	77,5204	A
11	1	19,7987	B
11	2	21,5197	B
11	3	19,7059	B
11	4	82,1800	A
12	1	24,6629	B
12	2	25,7984	B
12	3	23,1115	B
12	4	95,1052	A
13	1	23,1407	B
13	2	24,8677	B
13	3	20,9363	B
13	4	88,3389	A
14	1	24,1386	B
14	2	24,5492	B
14	3	21,2849	B
14	4	94,6380	A
15	1	23,8850	B
15	2	25,0670	B
15	3	20,7137	B
15	4	95,1952	A
16	1	20,9585	B
16	2	21,6219	B
16	3	18,8149	B
16	4	82,1368	A
17	1	12,6280	B
17	2	13,5626	A B
17	3	12,1817	B
17	4	26,1060	A
18	1	7,4336	A
18	2	7,6838	A
18	3	7,7162	A
18	4	7,4658	A

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, os tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **CTR**, quando comparados entre si. Ainda assim, apresentaram diferença estatisticamente significativa, quando comparados ao meio externo, **4^{Ext}**.

Essa semelhança entre os tratamentos pode ser atribuída à pouca movimentação de ar no interior das instalações.

Contudo, observa-se ainda que para o intervalo de tempo das medições entre os horários 12h 15h, as instalações cobertas com as telhas LWC (**1^{LWC}**), fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmica (**3^{Cer}**) proporcionam uma redução de 74,8%, em média, no horário mais quente do dia.

A análise de regressão, por meio das equações seguintes, indica valores estimados de CTR para as instalações cobertas com as telhas LWC (**1^{LWC}**) próximos àqueles estimados para as coberturas fibrocimento (**2^{Fcim}**) e cerâmica (**3^{Cer}**). Essa análise mostra ainda que os valores estimados de CTR para os tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** são bastante inferiores aos valores estimados para o meio externo (**4^{Ext}**), e as curvas construídas para os tratamentos testados, acompanham a variação horária do parâmetro CTR analisado ao longo do dia, figuras 52 e 53.

$Y = - 28,9395 + 1,35788H + 0,672388H^2 - 0,0354236H^3$	$R^2=0,96$	(LWC)
$Y = - 43,3008 + 5,23087H + 0,374293H^2 - 0,0282594H^3$	$R^2=0,97$	(Fcim)
$Y = - 71,0916 + 14,0149H - 0,494592H^2 - 0,002264H^3$	$R^2=0,98$	(Cer)
$Y = - 355,563 + 56,3698H - 0,646173H^2 - 0,0763456H^3$	$R^2=0,91$	(Ext)

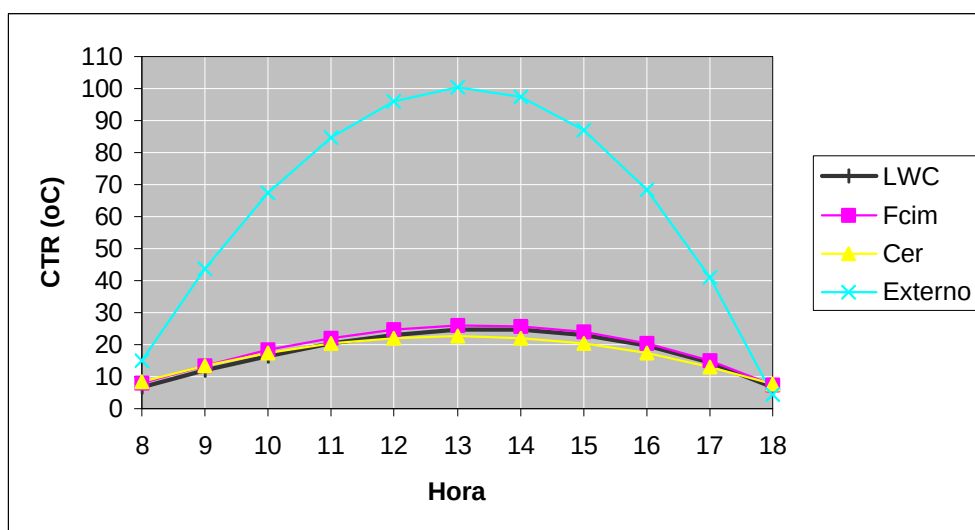


Figura 52. Valores estimados de CTR para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

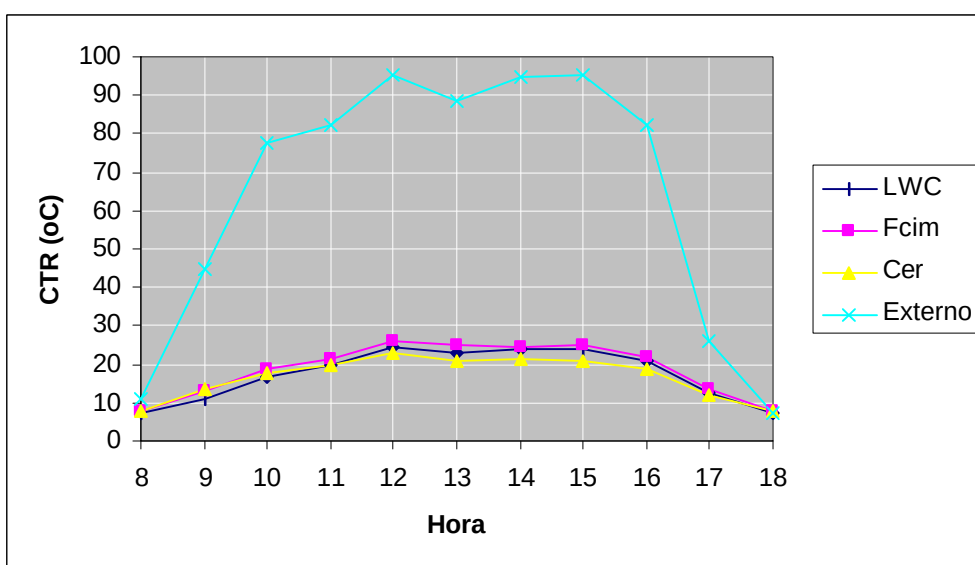


Figura 53. Valores lidos de CTR para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

As curvas relativas aos valores observados das médias diárias para CTR, para os três tratamentos e o ambiente externo, apresentaram comportamento similar ao longo do dia, acompanhando a variação da CTR do ambiente externo

4.2.7. Teste de Média - Umidade Relativa (UR) - INVERNO

Na Tabela 12 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de UR (umidade relativa), submetidos aos tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}**, **3^{Cer}**, **4^{Externo}**, nos intervalos de tempo de 19 às 06 horas. As observações conduzidas após 24h dispõem-se com numeração seqüencial em função dos métodos de análise estatística aplicados (SAEG).

Tabela 12. Valores médios de UR – INVERNO para tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}**, **3^{Cer}**, **4^{Externo}**

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey	Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
19	1	46,6727	C	25 (01)	1	44,9636	D
19	2	53,3000	B C	25 (01)	2	53,9636	C
19	3	57,4000	B	25 (01)	3	61,9909	B
19	4	96,1182	A	25 (01)	4	97,7727	A
20	1	46,5727	C	26 (02)	1	45,3545	D
20	2	54,5546	B	26 (02)	2	54,5000	C
20	3	54,8727	B	26 (02)	3	63,7091	B
20	4	97,6818	B	26 (02)	4	98,0000	A
21	1	45,0364	C	27 (03)	1	45,4000	D
21	2	52,9455	B	27 (03)	2	54,7000	C
21	3	54,8818	B	27 (03)	3	62,8636	B
21	4	97,6636	A	27 (03)	4	98,0000	A
22	1	44,9273	D	28 (04)	1	45,4454	D
22	2	53,2909	C	28 (04)	2	54,7273	C
22	3	62,2000	B	28 (04)	3	63,1364	B
22	4	97,9091	A	28 (04)	4	98,0000	A
23	1	44,7636	D	29 (05)	1	45,2727	D
23	2	53,4545	C	29 (05)	2	54,8182	C
23	3	61,7000	B	29 (05)	3	63,5727	B
23	4	98,0000	A	29 (05)	4	98,0000	A
24	1	44,8636	D	30 (06)	1	45,0036	D
24	2	53,5636	C	30 (06)	2	55,0129	C
24	3	62,0182	B	30 (06)	3	63,8925	B
24	4	97,0727	A	30 (06)	4	98,0000	A

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, o tratamento **1^{LWC}** apresentou diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **UR**, para condições simuladas de inverno, em relação aos tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** e comparativamente ao meio externo, **4^{Ext}** segundo o teste de médias aplicado.

Para o intervalo de tempo das observações médias horárias 19, 20, e, 21 horas; os tratamentos **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tgn**, quando comparados entre si.

Para o intervalo de tempo das observações médias horárias 22 a 06 horas (Hora = 30); todos os tratamentos **1^{LWC}**, **2^{Fcim}** e **3^{Cer}** apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **UR**, quando comparados com o meio externo, **4^{Ext}**, e entre si.

Observa-se que as instalações com cobertura em telhas LWC (1^{LWC}), telhas fibrocimento (1^{Fcim}) e telhas cerâmicas (3^{Cer}), apresentam redução no valor do parâmetro UR, de 53,6%, 44,4% e 35,8%, respectivamente, quando comparadas com o meio externo (4^{Ext}).

Os valores calculados para UR em função de cada tipo de cobertura, LWC (1^{LWC}), fibrocimento (1^{Fcim}) e cerâmicas (3^{Cer}), podem ser atribuídos às características geométricas dos elementos que compõem cada tipo de cobertura. As telhas LWC foram moldadas de formas a constituir uma placa monolítica, assim como as telhas de fibrocimento, o que não ocorre para as telhas cerâmicas, onde os interstícios formados entre cada uma das telhas e suas imperfeições, possibilitam a fuga do calor gerado no interior dessa instalação (sob uma taxa maior que aquela que se forma nos outros dois modelos), bem como a formação de um movimento convectivo interno, arrastando para o interior da instalação coberta com telhas cerâmicas, em função do gradiente de temperatura formado, o ar mais frio e úmido do meio externo (4^{Ext}), o que não ocorre de forma qualitativa nas instalações cobertas com telhas LWC e fibrocimento.

A análise de regressão, não apresentou-se significativa ao nível de 5% de probabilidade para o parâmetro UR, sob condições simuladas de verão.

As curvas plotadas em função das médias horárias observadas indicam a o comportamento do parâmetro UR, relativa aos tratamentos testados, Figura 54.

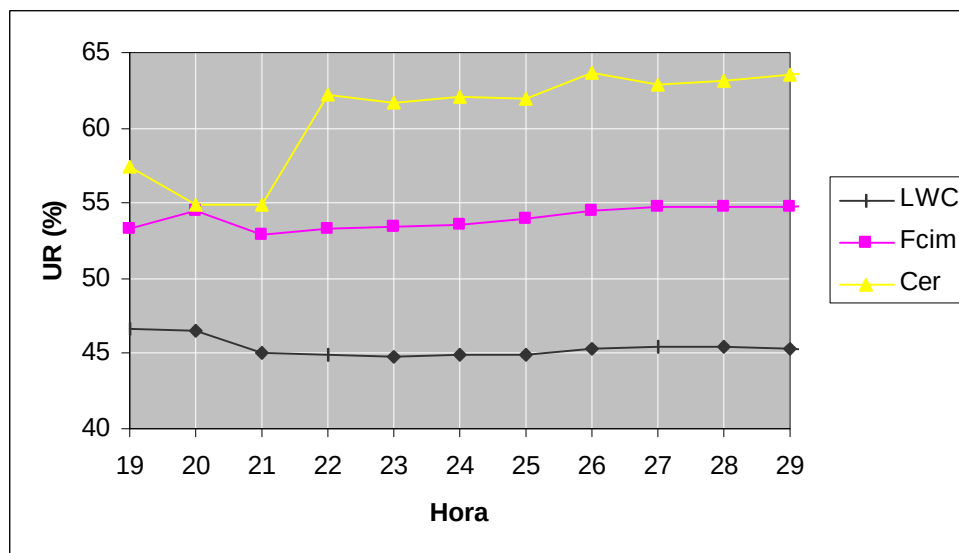


Figura 54. Valores lidos de UR para os tratamentos 1^{LWC} , 2^{Fcim} , 3^{Cer}

4.2.8. Teste de média - Temperatura de Bulbo Seco (Tbs) - INVERNO

Na Tabela 13 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de Tbs (temperatura de bulbo seco), submetidos aos tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}, nos intervalos de tempo de 19 às 06 horas.

Tabela 13. Valores médios de Tbs – INVERNO para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}, 4^{Externo}

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey	Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
19	1	24,9091	A	25 (01)	1	23,7091	A
19	2	20,6091	A B	25 (01)	2	18,2727	B
19	3	19,9818	B	25 (01)	3	16,8818	B
19	4	14,6545	C	25 (01)	4	11,9091	C
20	1	25,4818	A B	26 (02)	1	23,2636	A
20	2	21,4091	B	26 (02)	2	17,9000	B
20	3	20,4727	B	26 (02)	3	16,5273	B
20	4	13,7255	C	26 (02)	4	11,6091	C
21	1	24,8364	A	27 (03)	1	23,0545	A
21	2	19,6909	B	27 (03)	2	17,6091	B
21	3	18,3727	B	27 (03)	3	16,1636	B
21	4	13,2545	C	27 (03)	4	11,3364	C
22	1	24,4727	A	28 (04)	1	22,9273	A
22	2	19,1909	B	28 (04)	2	17,4091	B
22	3	17,6909	B	28 (04)	3	15,9634	B
22	4	12,6636	C	28 (04)	4	11,1364	C
23	1	24,2091	A	29 (05)	1	23,1636	A
23	2	18,8818	B	29 (05)	2	17,6364	B
23	3	17,4000	B	29 (05)	3	16,0364	B
23	4	12,4364	C	29 (05)	4	11,2091	C
24	1	23,9182	A	30 (06)	1	22,9866	A
24	2	18,6000	B	30 (06)	2	17,5824	B
24	3	17,1727	B	30 (06)	3	16,1002	B
24	4	12,2273	C	30 (06)	4	11,1783	C

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, o tratamento 1^{LWC} apresentou diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tbs**, para condições simuladas de inverno, em relação aos tratamentos 2^{Fcim} e 3^{Cer} e comparativamente ao meio externo, 4^{Ext} segundo o teste de médias aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias; os tratamentos 2^{Fcim} e 3^{Cer} não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tgn**, quando comparados entre si. Ainda assim apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tbs**, quando comparados com o meio externo, 4^{Ext}.

Observa-se que a instalação com cobertura em telhas LWC (1^{LWC}), apresentam variação no valor do parâmetro T_{bs} , de 94,0%, quando comparada com o meio externo (4^{Ext}), que indica que, para o a média horária mais fria do período, quando $T_{bs}^{Ext} = 11,13^{\circ}C$, $T_{bs}^{LWC} = 22,93$.

Observa-se também, que as instalações com cobertura em telhas fibrocimento (2^{Fcim}) e cerâmica (3^{Cer}), apresentam variação média no valor do parâmetro T_{bs} , de 47,3%, quando comparada com o meio externo (4^{Ext}), que indica que, para o a média horária mais fria do período, quando $T_{bs}^{Ext} = 11,13^{\circ}C$, $T_{bs}^{LWC} = 16,69^{\circ}C$.

A análise de regressão, por meio das equações seguintes, indica valores estimados de T_{bs} para as instalações cobertas com as telhas LWC (1^{LWC}) superiores àqueles estimados para as coberturas fibrocimento (2^{Fcim}) e cerâmica (3^{Cer}). Essa análise mostra ainda que as coberturas em telhas de fibrocimento (2^{Fcim}) são mais eficientes, para as condições de inverno simuladas, na manutenção do calor no interior dessa instalação que as coberturas em telhas cerâmicas (3^{Cer}). Essa eficiência pode ser justificada em função dos interstícios existentes entre as telhas cerâmicas (indução de movimentos convectivos), quando de sua montagem e do fluxo de calor gerado para a simulação, Figuras 55 e 56.

$Y = - 52,4857 + 10,4289H - 0,455888H^2 + 0,00641722H^3$	$R^2=0,95$	(LWC)
$Y = - 0,91398 + 4,01432H - 0,215226H^2 + 0,00340553H^3$	$R^2=0,92$	(Fcim)
$Y = 59,4293 - 3,31799H + 0,0734278H^2 - 0,000364733H^3$	$R^2=0,93$	(Cer)

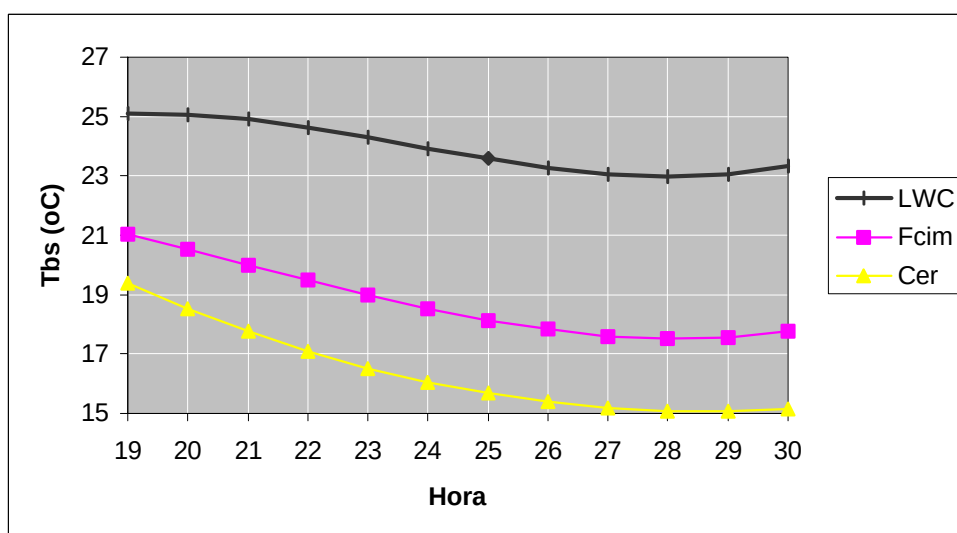


Figura 55. Valores estimados de Tbs para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}.

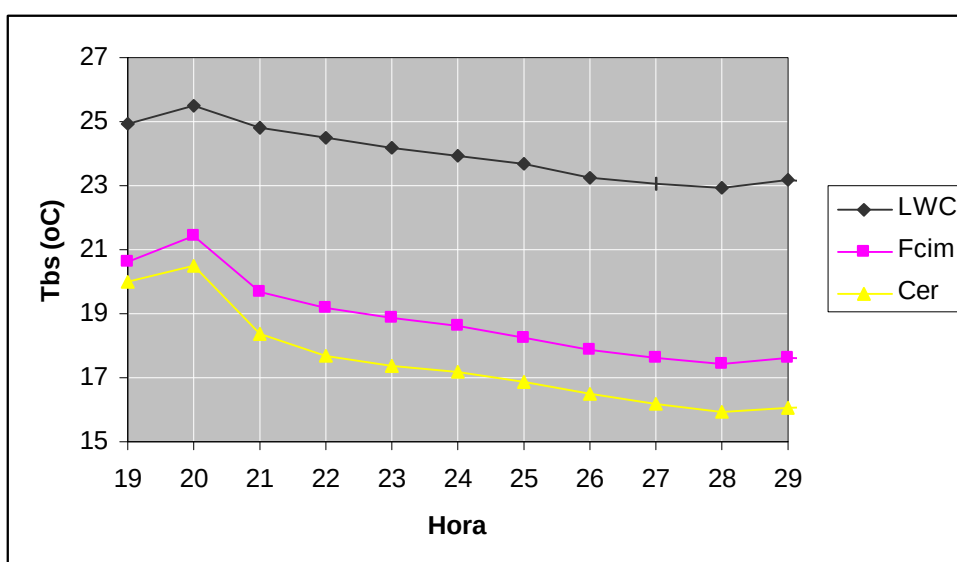


Figura 56. Valores lidos de Tbs para os tratamentos 1^{LWC}, 2^{Fcim}, 3^{Cer}.

As curvas relativas aos valores observados das médias diárias para Tbs, para os três tratamentos e o ambiente externo, apresentaram comportamento similar ao longo do dia, acompanhando a variação da Tbs do ambiente externo

4.2.9. Teste de média - Temperatura de Globo Negro (Tgn) - INVERNO

Na Tabela 14 apresentada a seguir, relacionam-se as médias horárias para condição de verão, para os dados coletados de Tgn (temperatura globo negro), submetidos aos tratamentos ¹LWC, ²Fcim, ³Cer, ⁴Externo, nos intervalos de tempo de 19 às 06 horas.

Tabela 14. Valores médios de Tgn – INVERNO para os tratamentos ¹LWC, ²Fcim, ³Cer, ⁴Externo

Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey	Hora	Tratamento	Média	Teste Tukey
19	1	25,8909	A	25 (01)	1	24,7636	A
19	2	22,7636	B	25 (01)	2	20,7455	B
19	3	21,8455	B	25 (01)	3	18,7727	C
19	4	13,8455	C	25 (01)	4	11,1091	D
20	1	26,1000	A	26 (02)	1	24,3636	A
20	2	23,1727	B	26 (02)	2	20,3818	B
20	3	22,5727	B	26 (02)	3	18,4636	B
20	4	14,5545	C	26 (02)	4	10,9273	C
21	1	25,8818	A	27 (03)	1	24,1273	A
21	2	22,1727	B	27 (03)	2	20,0364	B
21	3	20,3455	B	27 (03)	3	18,0909	B
21	4	12,5091	C	27 (03)	4	10,6182	C
22	1	25,5182	A	28 (04)	1	24,0545	A
22	2	21,7091	B	28 (04)	2	19,9455	B
22	3	19,6182	C	28 (04)	3	17,9273	C
22	4	12,1855	D	28 (04)	4	10,4091	D
23	1	25,2364	A	29 (05)	1	24,2364	A
23	2	21,4182	B	29 (05)	2	20,1727	B
23	3	19,3455	C	29 (05)	3	17,9909	C
23	4	11,9618	D	29 (05)	4	10,7182	D
24	1	24,9364	A	30 (06)	1	24,3458	A
24	2	21,0455	B	30 (06)	2	20,2866	B
24	3	19,0818	C	30 (06)	3	18,1934	C
24	4	11,7909	D	30 (06)	4	10,9862	D

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade, segundo teste aplicado.

Para todo o intervalo de tempo das observações médias horárias, o tratamento ¹LWC apresentou diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tgn**, para condições simuladas de inverno, em relação aos tratamentos ²Fcim e ³Cer e comparativamente ao meio externo, ⁴Ext segundo o teste de médias aplicado.

Para o intervalo de tempo das observações médias horárias 19h, 20h, 21h, 02h (Hora=26) e 03h (Hora=27); os tratamentos ²Fcim e ³Cer não apresentaram diferença estatisticamente significativa, para o parâmetro **Tgn**, quando comparados entre si. Para os demais horários, todos os tratamentos ¹LWC, ²Fcim e ³Cer apresentam diferença estatisticamente significativa quando comparados entre si e relativamente ao meio externo.

Observa-se que a instalação com cobertura em telhas LWC (1^{LWC}), apresentam variação média no valor do parâmetro Tgn, de 119,1%, quando comparada com o meio externo (4^{Ext}), que indica que, para o a média horária mais fria do período, quando $Tgn^{Ext} = 10,41^{\circ}C$, $Tgn^{LWC} = 22,1$, para as condições de inverno simuladas neste trabalho.

Observa-se também, que as instalações com cobertura em telhas fibrocimento (2^{Fcim}), apresentam variação média no valor do parâmetro Tbs, de 83,9%, quando comparada com o meio externo (4^{Ext}), que indica que, para o a média horária mais fria do período, quando $Tgn^{Ext} = 10,41^{\circ}C$, $Tgn^{LWC} = 19,14^{\circ}C$.

Observa-se também, que as instalações com cobertura em telhas cerâmicas (3^{Cer}), apresentam variação média no valor do parâmetro Tbs, de 65,6%, quando comparada com o meio externo (4^{Ext}), que indica que, para o a média horária mais fria do período, quando $Tgn^{Ext} = 10,41^{\circ}C$, $Tgn^{LWC} = 17,24^{\circ}C$.

A análise de regressão, não apresentou-se significativa ao nível de 5% de probabilidade para o parâmetro UR, sob condições simuladas de verão.

As curvas plotadas em função das médias horárias observadas indicam a o comportamento do parâmetro Tgn, relativa aos tratamentos testados, Figura 57.

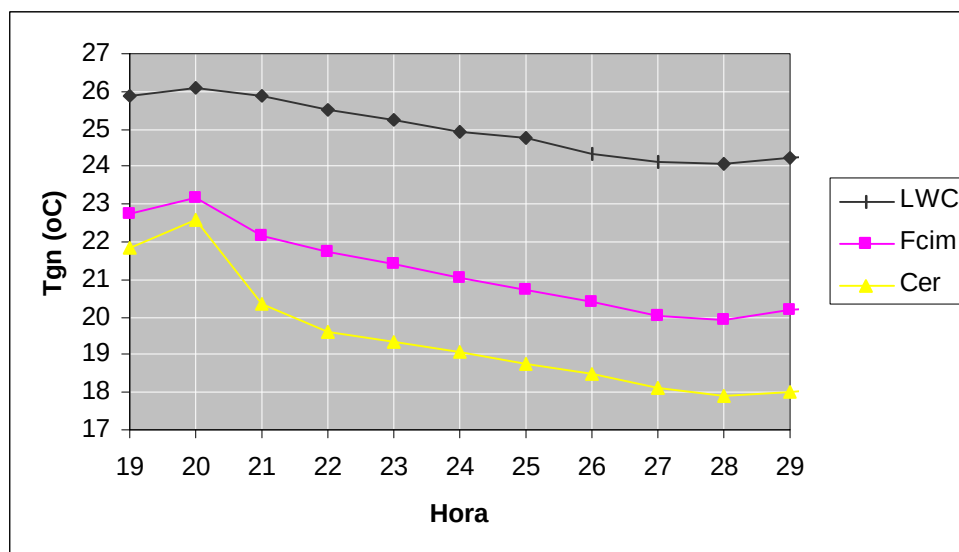


Figura 57. Valores lidos de Tgn para os tratamentos 1^{LWC} , 2^{Fcim} , 3^{Cer} , $4^{Externo}$

4.3. Análise de viabilidade econômica.

O emprego de soluções alternativas, requer uma relação de custo e benefício bastante satisfatória, que sirva como atrativo a seu emprego. Dessa forma, com vistas à determinação da viabilidade econômica das coberturas em concreto leve de argila expandida (LWC), apresentam-se a seguir os custos unitários para aquisição e confecção dos elementos de cobertura estudados neste trabalho, segundo dados apresentados a seguir.

4.3.1. Telhas fibrocimento

Custo por m² : R\$7,85 SINAPI (2004)

4.3.2. Telhas cerâmicas

Custo por m² : R\$9,70 SINAPI (2004)

4.3.3. Telhas concreto leve de argila expandida

4.3.3.1. Composição do custo

Para a confecção das telhas em concreto leve de argila expandida (LWC), devem ser utilizados os materiais, areia, cimento, água e agregado leve de argila expandida, na dosagem para o traço TIPO N (1:4:6:0,85).

A Tabela 5, apresentada a seguir, indica o custo unitário para fabricação das telhas de concreto leve, em função dos preços médios de materiais de construção, salários e insumos cotados junto a estabelecimentos comerciais, industriais e sindicatos da construção civil, SINAPI (2004).

Tabela 15 – Cálculo do custo unitário de produção para telha concreto leve LWC

Matéria prima	Unidade	Custo unitário (R\$)	Dosagem		Custo total (R\$)
Cimento	sc (42litros)	R\$16,50	1	42 litros	R\$16,50
Areia	m ³	R\$18,35	4	168 litros	R\$3,10
Argila expandida	m ³	R\$140/m ³	6	252 litros	R\$35,28
Água	m ³	R\$3,54/m ³		36 litros	R\$0,13
Volume Total	m ³			498 litros	
Aço	Kg/m ³	R\$1,90/kg		80kg/m ³	R\$3,04
Custo/m ³	R\$/m ³				113,51
Custos de produção (sociais + amortização)	%	137,9			270,04
Custo/m² placa (1mx1m/0,02m)					5,40

Fonte: Custos: cimento brita, areia, água, informados pelos fornecedores locais; argila expandida, custo por m³ com frete informado pela CINEXPAN.

Os custos relativos às coberturas cerâmicas e fibrocimento são para aquisição das telhas apenas. O custo apresentado para as telhas LWC envolve encargos sociais de produção amortização de formas, maquinário e matéria prima.

Assim sendo, analisando-se apenas o custo das telhas, não levando-se em consideração o custo dos engradamento, apresentam-se à Tabela 16, o custo unitário por m² para os tipos de cobertura analisados, em função dos custos de produção para as telhas de concreto leve de argila expandida e os custos de aquisição para as telhas fibrocimento e cerâmicas; e, a relação custo-benefício entre os tipos de cobertura analisados e a cobertura proposta.

Tabela 16 – Relação custo-benefício para tipos de cobertura testados

Tipo de cobertura	Custo /m ²	Relação custo-benefício
Concreto leve argila expandida	5,40	1
fibrocimento	7,85	0,68
cerâmica	9,70	0,56

4.3.4. Fabricação em escala industrial.

O desenvolvimento da atividade industrial e dos processos de engenharia, apóia-se fundamentalmente, nas ações relativas à aplicabilidade das novas metodologias e desenvolvimento tecnológico e relações fundamentais de custo e benefício.

Dessa forma, de maneira a viabilizar e implementar os resultados obtidos até aqui neste trabalho, foram construídas formas para fabricação industrial em escala, das telhas LWC, objeto desta pesquisa, para elementos de fechamento lateral e cobertura de instalações industriais, públicas e de produção animal, na sede da empresa SHED, em Araruama - RJ. A Figura 58, apresenta as etapas de construção das formas, colocação das armaduras e execução do protótipo das telhas, para o traço experimental indicado como de melhor desempenho.



Figura 58. Processo de desenvolvimento e fabricação dos protótipos das telhas de concreto leve de argila expandida, em escala 1:1, SHED (2004).

As telhas serão testadas em um galpão em escala real, projetado para ser construído segundo recomendações sugeridas por TINOCO (1995) para obtenção do maior desempenho relativo ao conforto térmico, conforme apresentado na Figura 59.

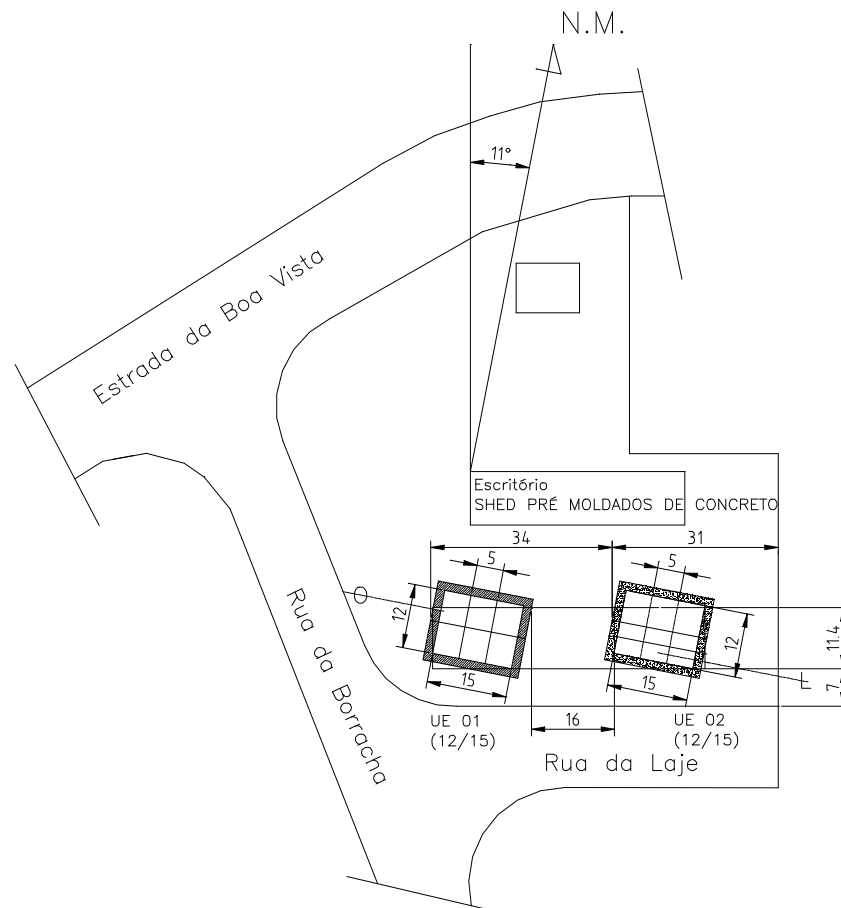


Figura 59 – Planta de localização dos protótipos

A estrutura dos galpões utilizados como protótipos será pré-moldada de concreto, a exemplo do protótipo já montado na área projetada da Figura 59, coberto em telhas de fibrocimento, que será utilizado como testemunho, para as análises a serem processadas, conforme ilustrado na Figura 60.



a) vista frontal



b) vista lateral

Figura 60 – Protótipos para testes das telhas LWC, SHED (2004)

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Tendo conhecimento que considerável parcela da quantidade de calor gerada no interior de uma instalação de produção animal é proveniente dos elementos de cobertura, propôs-se com este trabalho, alternativa viável técnica e economicamente para emprego do material concreto leve de argila expandida, dosado e executado de maneiras a viabilizar a moldagem de telhas com geometria apropriada, capazes de atender, com desempenho satisfatório às demandas técnicas de conforto térmico para essas instalações.

Almejando a melhoria de desempenho das instalações para produção animal, do ponto de vista do conforto térmico, em condições de verão e inverno, propôs-se com este trabalho metodologia executiva de fabricação e montagem de telhas em concreto leve de argila expandida com os seguintes objetivos:

- determinar os índices de conforto térmico promovidos por coberturas em concreto leve de argila expandida, comparativamente a coberturas convencionalmente utilizadas, fibrocimento e cerâmicas;
- determinar a eficiência relativa à permeabilidade das telhas de concreto leve de argila expandida comparativamente a coberturas convencionalmente utilizadas, fibrocimento e cerâmicas;
- determinar a eficiência mecânica e estrutural do material concreto leve de argila expandida aplicado a coberturas de instalações industriais para produção animal;
- indicar viabilidade técnica e executiva para coberturas de instalações industriais para produção animal com telhas de concreto leve de argila expandida;
- apresentar sugestões para realização de trabalhos futuros, aplicando-se tecnologia de materiais à melhoria do desempenho de instalações industriais para produção animal

Este trabalho de pesquisa foi realizado no município de Viçosa - Minas Gerais, na área experimental do setor de Construções Rurais e Ambiente do Departamento de Engenharia Agrícola- DEA, e no Laboratório de Engenharia Civil – LEC, Universidade Federal de Viçosa.

Utilizando-se modelos reduzidos de instalações para produção animal, avaliando-se os parâmetros, umidade relativa (UR), temperatura de bulbo seco (T_{bs}), índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) e carga térmica de radiação (CTR), durante o verão e durante o

inverno, além de apresentar relação de desempenho comparativo entre esses tipos de cobertura, mostrando ainda a relação entre custo e benefício de todos os tipos de coberturas testadas e sua viabilidade técnica e econômica para condições de mercado. Os modelos utilizados foram executados em escala 1:12, JENTSCH (2002), locados de formas que sua linha de cumeeira estivesse sob a direção leste-oeste, dotados de três tipos de coberturas diferentes: telhas em concreto leve de argila expandida (LWC), telhas em fibrocimento (Fcim) e telhas cerâmicas (Cer).

Para a determinação dos parâmetros térmicos empregados, foram medidos os parâmetros Tbs (temperatura de bulbo seco), Tgn (temperatura de globo negro), UR (umidade relativa) e Var (velocidade do ar) em períodos determinados, usando-se um sistema digital de coleta de dados (dataloggers).

Assim, para as condições de realização deste trabalho e pelos resultados obtidos, pode-se concluir que:

1. Para as condições de verão
 - a. telhas de concreto leve apresentaram o dobro da eficiência térmica na redução do parâmetro Tbs (temperatura de bulbo seco) no interior das instalações quando comparadas às telhas cerâmicas e fibrocimento, para as horas mais quentes do dia, indicando ambiente com temperaturas mais amenas;
 - b. telhas de concreto leve apresentaram eficiência térmica, 20% superior, na redução do parâmetro Tgn (temperatura de globo negro) no interior das instalações quando comparadas às telhas cerâmicas e fibrocimento, para as horas mais quentes do dia, indicando ambiente com menor carga térmica de radiação;
 - c. telhas de concreto leve apresentaram eficiência térmica, 33,3% superior, na redução do parâmetro ITGU (índice térmico de globo negro e umidade) bulbo seco) no interior das instalações quando comparadas às telhas cerâmicas e fibrocimento, para as horas mais quentes do dia, indicando ambiente mais confortável termicamente;
 - d. telhas de concreto leve apresentam valores de UR (umidade relativa) no interior das instalações inferiores quando comparadas às telhas cerâmicas e fibrocimento, para as horas mais quentes do dia, indicando menor maior facilidade para dissipação do calor (via úmida);

Então; para as condições de verão, a instalação coberta com telhas de concreto leve, em função dos resultados obtidos, é termicamente mais confortável, relativamente aos parâmetros utilizados (Tbs, Tgn, UR e ITGU) que as instalações cobertas com telhas cerâmicas e fibrocimento, comparativamente;

2. Para as condições de inverno

- a. instalações cobertas com telhas de concreto leve apresentaram eficiência térmica, 98,7% superior, na manutenção da Tbs (temperatura de bulbo seco) em seu interior quando comparadas àquelas cobertas com telhas cerâmicas e fibrocimento, para as horas mais frias do período analisado, indicando que as instalações cobertas com telhas de concreto leve são mais eficientes na retenção de calor em seu interior para horas mais frias.
- b. instalações cobertas com telhas de concreto leve apresentaram redução na UR (umidade relativa), de 20,7% e 49,7%, comparativamente às instalações cobertas com telhas fibrocimento cerâmicas, indicando melhores condições de conforto térmico no interior dessas instalações para as horas mais frias do período, evitando assim a dissipação do calor acumulado, através da evaporação da água contida no ar (umidade);
- c. instalações cobertas com telhas de concreto leve apresentaram eficiência térmica, 42,0% e 81,6% superior, na manutenção da Tgn (temperatura de globo negro) em seu interior quando comparadas àquelas cobertas com telhas cerâmicas e fibrocimento, para as horas mais frias do período analisado, indicando que as instalações cobertas com telhas de concreto leve são mais eficientes na retenção das emissões de radiação em seu interior para horas mais frias, o que mantém mais elevada a temperatura.

Então; para as condições de inverno, a instalação coberta com telhas de concreto leve, em função dos resultados obtidos, foi capaz de reter em seu interior maior parte da energia dissipada pela resistência elétrica instalada em seu interior, comparativamente às instalações cobertas com telhas cerâmicas e fibrocimento, relativamente aos parâmetros utilizados (Tbs, Tgn, UR e ITGU).

Em relação à permeabilidade, as telhas de concreto leve são impermeáveis à carga hidráulica estática de 1mca, aplicada de forma ortogonal à superfície da telha, por período de 48h, para espessura de 2cm.

As placas de concreto leve, projetadas nas dimensões de 2,0m x 0,50m, possuem propriedades mecânicas que fornecem satisfatório desempenho estrutural, sob a condição de carregamento máximo de 112kgf/m², para vencimento de vãos teóricos de projeto de 1,80m (espaçamento padrão entre apoios para telhas fibrocimento), para espessura de 2,0cm e deformação de 0,4cm.

Em relação à viabilidade técnica da proposta, conclui-se ser a alternativa viável, em função do atendimento às prescrições normativas e de literatura com excelência.

Em relação à viabilidade executiva, conclui-se ser a alternativa viável, pois, as telhas podem assumir forma qualquer, uma vez que a mistura concreto leve, no estado fresco pode assumir qualquer forma, favorecendo a criação de encaixes, sulcos, ou ainda geometrias diversas que possam potencializar seu módulo de rigidez, possibilitando o vencimento de vãos ainda maiores, para menores quantidades de material por metro quadrado de estrutura;

Ainda em relação à questão executiva, o metro quadrado de uma telha de concreto leve tem peso próprio equivalente a 23,9 kgf/m², ao passo em que o metro quadrado de uma telha cerâmica tem peso próprio equivalente a 37 kgf/m², ou seja, as telhas cerâmicas são 54,8% mais pesadas que as telhas de concreto leve, o que implica em maior viabilidade às operações de transporte das placas de concreto leve tanto para o canteiro quanto do solo para a cobertura, quando da execução da montagem.

Em relação ao custo de produção, as telhas de concreto leve, possuem custo unitário para comercialização, inferior ao custo atual das telhas cerâmicas e fibrocimento, comparativamente, donde podemos concluir que do ponto de vista econômico, as telhas de concreto leve são mais eficientes que as outras coberturas testadas.

Finalmente, apresentamos como conclusão final as sugestões para trabalhos futuros; no desenvolvimento de propostas de novas geometrias, inclusão tecnológica e ambientalmente correta de novos materiais, reciclados ou não, como agregados leves; aplicação desse material isolante térmico não só como elemento de cobertura, mas como elementos de fechamentos

laterais e outros elementos construtivos de engenharia de ambiência e obras de arte, que venham a proporcionar conforto térmico-ambiental e constituir produto acessível economicamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, **Concretos leves – tipos e comportamento estrutural**, ET-86, São Paulo, 1996, 60p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Agregados leves para concreto estrutural**, EB 230, Rio de Janeiro, 1996.
- ABNT – - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Projeto 18:04.13-001, **CONCRETO ENDURECIDO – Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido**, (1985).
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos de Concreto**, NBR-5739, Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Projeto e execução de obras em concreto armado**, NBR 6118/82, Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Análise granulométrica, por peneiramento**, NBR-7181, Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Composição granulométrica do agregado graúdo**, NBR-7217, Rio de Janeiro, 1987.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**, NBR-7222, Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Massa unitária em estado solto do agregado graúdo**, NBR-7251, Rio de Janeiro, 1983.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo**, NBR-9937, Rio de Janeiro, 1987.

ACI 211 R.93 - Standard practice for selecting proportions, American Concrete Institute, 1993.

AGUIAR, E. C., C., SILVÉRIO, D. V., S., PEREIRA, A. P., KANNING, R. C., CEFET-PR - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - **A Tecnologia do Concreto Aliada ao Meio Ambiente**, <http://www.cefetpr.br/deptos/dacoc/isopet/>, 2004

ASTM C177-85, **Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded - Hot-Plate Apparatus** (R 1993).

AVICULTURA INDUSTRIAL, www.aviculturaindustrial.com.br (2004)

BAÊTA, F. C., DANTAS, F. F., CECOM, P. R., PASSOS, E. F. **Estudo do termossifão em galpões para frangos de corte com cobertura de telhas cerâmicas e de cimento-amianto**. Engenharia na Agricultura, v. 5, n. 14, p. 1-16, 1996.

BAÊTA, F. C., SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais - conforto térmico animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1985. v. 2. 362 p.

BOND, T. E., KELLY, C. F. **The globe thermometer in agricultural research**. **Agricultural Engineering**, v. 36, n. 4, p. 251-255, 1955.

BOND, T. E., KELLY, C. F., ITTNER, N. R. **Radiation studies of painted shade materials**. **Agricultural Engineering**, v. 35, n. 6, p. 389-392, 1954.

BOND, T. E., KELLY, C. F., GARRET, W. N., HAHN, L. **Evaluation of materials for livestock shades**. California Agriculture, v. 15, p. 7-8, 1961.

BOND, T. E., MORISON, S. R., GIVENS, R. L. **Influence of surroundings on radiant heat load of animals**. **Transactions of the ASAE**, v. 12, n. 2, 246-248, 1969.

- BUFFINGTON, C. S., COLLAZO-AROCHO, A., CANTON, G. H., PITT, D., THATCHER, W. W., COLLIER, R. J. **Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows.** *Transactions of the ASAE*, v. 24, n. 3, p. 711-714, 1981.
- CAMPOS, A. T. **Determinação dos índices de conforto e da carga térmica de radiação em quatro tipos de galpões, em condições de verão para Viçosa, MG.** Viçosa: UFV, 1986. 66 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- CAPUTO, H., P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 1985. 219 p.
- CB 02 - Projeto 02:135.07-002 - **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES - PARTE 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 40p, Dezembro 1998.
- CINEXPAN – Catálogos eletrônicos, www.cinexpan.com.br, 2004.
- COSTA E. C. **Arquitetura ecológica: condicionamento térmico natural.** 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982. 264 p.
- COUTINHO, S., A., GONÇALVES, A., **Fabrico e propriedades do betão**, LNEC, Lisboa, 1994, 368 pp
- CURTIS, S. E. **Environmental management in animal agriculture.** Ames: The Iowa State University Press, 1983. 409p.
- DANTAS, F. F. **Estudo do termossifão em galpões para frangos de corte com cobertura de telhas cerâmicas e de cimento-amianto.** Viçosa: UFV, 1995. 48 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment.** Westport CT: Avi Publishing Co., 1974. 325p.

ESMAY, M. L., DIXON, J. E. **Environmental control for agricultural buildings**. Westport: AVI Publishing Company, 1986. 287 p.

HAFEZ, E.S.E. Reprodução **animal**. São Paulo : Editora Manole. 4º edição. **1982**.

HAHN, LeROY, BOND, T. E., KELLY, C. F. Use of models in thermal studies of livestock housing. **Transactions of the ASAE**, v. 4, n. 1, p. 45-47, 1961.

HIBBELER, R., C. **RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS**. 3ª edição, Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos SA. Rio de Janeiro, 2000, 698p.

LEAL, P. A. M. **Determinação do microclima gerado dentro de uma estrutura a partir de dados ambientais**. Campinas: UNICAMP, 1981. 79 p. (Mestrado em Construções Rurais) - Universidade de Campinas, 1981.

LEONHARDT, F., MÖNNIG, E. **CONSTRUÇÕES DE CONCRETO – Casos especiais de dimensionamento de estruturas de concreto armado**. 2ª edição, Ed. Interciência, São Paulo, 1979, 161p.

JENTZSCH, R. **Estudo de modelos reduzidos destinados à predição de parâmetros térmicos ambientais em instalações agrícolas**. Viçosa: UFV, 2002. 103 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.

MANUAL TÉCNICO FOSROC REAX – **Catálogos eletrônicos**, www.fosrocreaxl.com.br, 2000.

MANUAL TÉCNICO BRASILIT – **Catálogos eletrônicos**, www.brasilit.com.br, 2000.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994.

MORAES, S., R., P. **Conforto térmico em modelos reduzidos de galpões avícolas, para diferentes coberturas, durante o verão**, Viçosa, UFV, 1998, (Mestrado em Construções Rurais) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 1998.

- MORGAN, W.E. **Heat reflective roof coatings**. St. Joseph: ASAE, 1990. p.9. /ASAE paper 904513/.
- MULLER P.B. 1982. **Bioclimatologia Aplicada aos Animais Domésticos**. 2^a ed. Editora Sulina, Porto Alegre. 158 p.
- MURPHY, G. C. E. **Similitude in engineering**. New Yurk: Ronald Press, 1950.
- NÄÄS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Editora Ícone, 1989, 183 p.
- OLIVEIRA, J. L., ESMAY, M. L. Systems model analysis of hot weather housing for livestock. **Transactions of the ASAE**, v. 25, n. 5, p. 1355-1359, 1982.
- PENZ JR., A.M. 1990. **Exigências de aminoácidos das poedeiras**. In: CICLO DE CONFERÊNCIAS DA A.V.E. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre. **1990**. p.88-110.
- PEIXOTO, R. A. F. **Aspectos executivos de edificações com emprego de tijolos de solo-cimento – tijolos ecológicos**. In: CONBEA 2001 - XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu – Paraná, 2001.
- PEIXOTO, R. A. F; TINÔCO, I. F. F.; GATES, R. S.; MOURA, S. A. L.; SOUZA, C. F. **Performance of different types of applied Materials to Coverings of Facilities for Animal production – Simulation**. In: 2003 ASAE Internacional Meeting, July 27-30 – Las Vegas, NV, US, 2003.
- PERDOMO, C. C. **Considerações sobre o condicionamento ambiental na produção de aves** In: **Simpósio sobre nutrição animal e tecnologia da produção de rações**, Campinas, SP. Anais do Simpósio sobre nutrição animal e tecnologia da produção de rações (CBNA). Campinas, SP: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), 1998. p.56 - 63
- PETRUCCI, E. G. R., **Concreto de cimento Portland**, Globo, Porto Alegre, 1982

PIASENTIN, J. A. **Conforto medido pelo índice de temperatura de globo e umidade na produção de frango de corte para dois tipos de piso em Viçosa - MG.** Viçosa: UFV, 1984. 98 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.

REGLAMENTO CIRSOC 202, **Hormigon liviano de estructura compacta, dimensionamiento, elaboracion Y control.** SIREA – Sistema Reglamentario Argentino para las Obras Civiles, Marzo, 1995, Argentina.

RILEY, C., M. **Relation of chemical properties to the boating of clay.** Journal of the American Ceramic Society, Easton, v. 34, p 121, 1951.

RIVERO, R. O. **Arquitetura e clima:** acondicionamento térmico natural. 2. ed. Porto Alegre: D. C. Luzzato, 1986. 240 p.

ROSA, Y. B. C. J. **Influência de três materiais de cobertura no índice de conforto térmico, em condições de verão para Viçosa, MG.** Viçosa: UFV, 1984. 77 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) -Universidade Federal de Viçosa, 1984.

SCHARF, R., **Isopor e amianto ganham substitutos ecológicos,** GAZETA MERCANTIL, São Paulo, 27/04/2000

SICAL - Catálogos eletrônicos, www.sical.ind.br, 2004

SINAPI - **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil,** Indicadores IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, www.ibge.gov.br , 2004

SILVA, R. G. **Bioclimatologia e melhoramento do gado leiteiro.** Gado Holandês, v. 53, n. 148, p. 5-12, 1988.

SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, H.; CONSIGLIERO, F.R. 1990. Materiais de cobertura para instalações animais. **Engenharia Rural**, v.1., n.1, p.51-60.

SOUZA, V., C., M. **LAJES EM CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO**. Ed. DA Universidade Federal Fluminense – UFF-RJ, Niterói, Rio de Janeiro, 1994, 584p.

SOBRAL, H., S. **Concretos Leves. Tipos e Comportamento Estrutural**, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, ET-86, 1996 (68p).

SUINOCULTURA INDUSTRIAL, www.suinoculturaindustrial.com.br (2004)

SUSSEKIND, J. C. **Curso de concreto armado**, vols. 1.e 2, Ed. Globo, Porto Alegre, RS, 1980

TINÔCO, I. F. F. **Resfriamento adiabático (evaporativo) na produção de frangos de corte**. Viçosa: UFV, 1988. 92p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiência) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.

TINÔCO, I.F.F. **Planejamento de instalações avícolas face as variações de temperatura - reprodutoras**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas. **Livro de textos**. Campinas: FACTA, 1995. p. 113-122.

TINÔCO, I. F. F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono**. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 173 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VIGODERIS, R., B., **Desenvolvimento de um protótipo para resfriamento adiabático evaporativo, em instalações climatizadas para animais, usando argila expandida**. Viçosa: UFV, 2002. 55p. Dissertação Mestrado – Viçosa, Minas Gerais.

ZOLNIER, S. **Psicrometria**, Revista Engenharia na Agricultura, Caderno Didático 13, Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, DEA-UFV, Viçosa, 1994.

A. APÊNDICE 1

A1. Ensaios de compressão e massa específica seca e úmida

Tabela A1.1 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (A - 1:2:3:0,7)

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Construções Rurais e Ambiência	
---	--

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:02:03:0,55				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Amnat = 1380
Agregado miúdo natural			2	0,0078	10,7088	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			3	0,0116	5,82	D RX822N = 1210
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0.55	0.0021		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m ³)	Seca (kg/m ³)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2638	9,91	77,13	19,98	26/11/02	2231,0	2041,6	1447,66	1324,76	29/11/02	3	5957	7,72
2639	10,00	78,54	20,00	26/11/02	2203,4	2023,2	1402,72	1288,01	29/11/02	3	6545	8,33
2640	9,99	78,38	19,98	26/11/02	2203,6		1407,07		03/12/02	7	9583	12,23
2641	10,00	78,54	19,99	26/11/02	2187,3		1393,17	1306,38	03/12/02	7	9603	12,23
2642	9,98	78,23		26/11/02			1412,66		10/12/02	14	11053	14,13
2643	9,99	78,38		26/11/02					10/12/02	14	10955	13,98
2644	9,99	78,38		26/11/02					24/12/02	28	11935	15,23
2645	9,98	78,15		26/11/02					24/12/02	28	10955	14,02

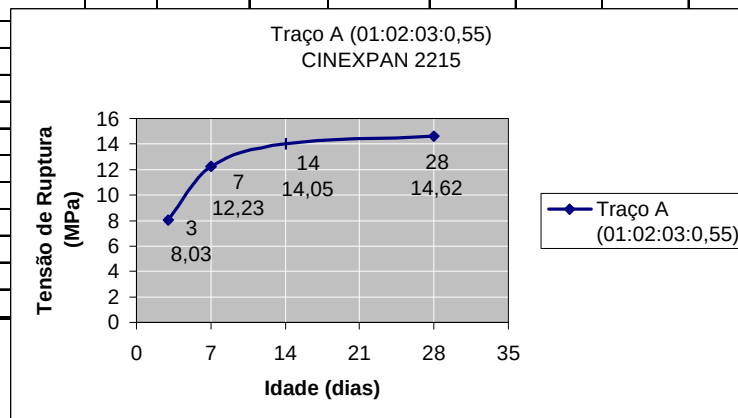


Tabela A1.2 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (B - 1:2:3:0,7)

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Construções Rurais e Ambiente
--

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:02:03:0,7				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Amnat = 1380
Agregado miúdo natural			2	0,0078	10,7088	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			3	0,0116	5,82	D RX822N = 1210
Água						Traço muito mole
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0,7	0,0027		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm2)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m3)	Seca (kg/m3)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2681	9,99	78,38	20,23	27/12/02	2215,2	1994,3	1397,00	1257,69	30/11/02	3	5565	7,10
2682	10,05	79,25	20,04	27/12/02	2360,2	2110,6	1486,14	1328,98	30/11/02	3	5565	7,02
2683	9,90	76,90		27/12/02			1441,57	1293,33	03/12/02	7	8162	10,61
2684	9,95	77,76		27/12/02					03/12/02	7	8808	11,33
2685	9,99	78,38		27/12/02					10/12/02	14	9289	11,85
2686	9,98	78,23		27/12/02					10/12/02	14	8505	10,87
2687	9,98	78,23		27/12/02					24/12/02	28	8995	11,50
2688	10,00	78,54		27/12/02					24/12/02	28	9289	11,83

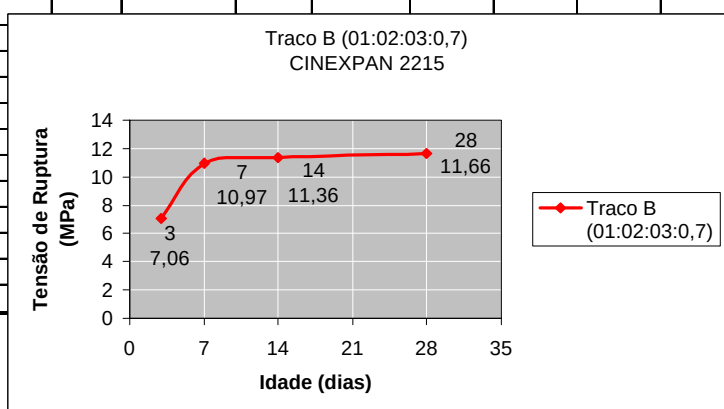


Tabela A1.3 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (C - 1:2,5:2,5:0,55)

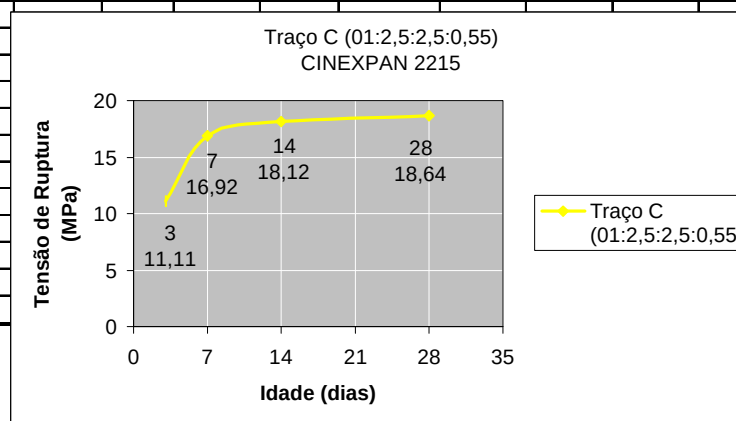
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Construções Rurais e Ambiência
--

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:2,5:2,5:0,55				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Amnat = 1380
Agregado miúdo natural			2,5	0,0097	13,386	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3 D RX822N = 1210
Agregado graúdo artificial			2,5	0,0097	4,85	
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0,55	0,0021		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm2)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m3)	Seca (kg/m3)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2646	9,91	77,13	19,98	26/11/02	2543,9	2380,5	1650,69	1544,67	29/11/02	3	8701	11,28
2647	9,72	74,20	20,08	26/11/02	2404,0	2229,0	1613,42	1495,97	29/11/02	3	8113	10,93
2648	10,06	79,49	21,18	26/11/02	2497,9		1483,76	1520,32	03/12/02	7	13601	17,11
2649	10,03	78,93	20,40	26/11/02	2481,6		1541,14		03/12/02	7	13209	16,73
2650	9,95	77,76		26/11/02			1572,25		10/12/02	14	13797	17,74
2651	9,95	77,76		26/11/02					10/12/02	14	14384	18,50
2652	9,99	78,30		26/11/02					24/12/02	28	14874	19,00
2653	9,98	78,15		26/11/02					24/12/02	28	14286	18,28




UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 Construções Rurais e Ambiência

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	VOLUME	Peso	
Traço 01:2,5:2,5:0,7				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Amnat = 1380
Agregado miúdo natural			2,5	0,0097	13,386	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			2,5	0,0097	4,85	D RX822N = 1210
Água						Traço Mole
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0,7	0,0027		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m³)	Seca (kg/m³)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2689	9,97	78,07	20,24	27/11/02	2232,1	2012,0	1412,61	1273,32	30/11/02	3	4487	5,75
2690	9,965	77,99	20,11	27/11/02	2141,6	1946,2	1365,47	1240,88	30/11/02	3	4997	6,41
2691	9,98	78,15		27/11/02			1389,04	1257,10	04/12/02	7	8312	10,64
2692	9,98	78,15		27/11/02					04/12/02	7	8361	10,70
2693	10,02	78,85		27/11/02					11/12/02	14	10367	13,15
2694	10,04	79,17		27/11/02					11/12/02	14	10367	13,09
2695	10,02	78,85		27/11/02					25/12/02	28	10857	13,77
2696	9,97	78,07		27/11/02					25/12/02	28	11053	14,16

Traço D (01:2,5;2,5;0,7)
CINEXPAN 2215

Idade (dias)	Tensão de Ruptura (MPa)
3	6,08
7	10,67
14	13,12
28	13,96

— Traço D (01:2,5;2,5;0,7)

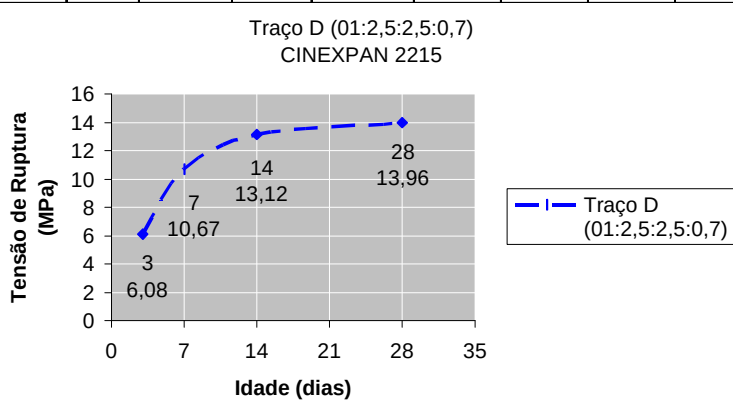


Tabela A1.5 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (E - 1:3:2:0,55)

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Construções Rurais e Ambiente
--

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:03:02:0,55				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,00388 D Amnat = 1380 D Agart = 500 D cim = 1200 RX (ml/kg) = 3 D RX822N = 1210
Cimento			1	0,0039	4,656	
Agregado miúdo natural			3	0,0116	16,0632	
Agregado miúdo artificial						
Agregado graúdo natural						
Agregado graúdo artificial			2	0,0078	3,88	
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0.55	0.0021		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		MASSA ESPECÍFICA		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m³)	Seca (kg/m³)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2654	9,93	77,44	20,20	26/11/02	2638,4	2486,0	1686,5525	1589,13	29/11/02	3	8799	11,36
2655	9,99	78,38	20,17	26/11/02	2633,0	2477,9	1665,4174	1567,31	29/11/02	3	9113	11,63
2656	9,96	77,91	20,06	26/11/02	2642,0		1690,411	1578,22	03/12/02	7	14286	18,34
2657	9,99	78,38	20,06	26/11/02	2668,2		1696,9364		03/12/02	7	13777	17,58
2658	9,94	77,60		26/11/02			1684,83		10/12/02	14	14874	19,17
2659	9,97	78,07		26/11/02					10/12/02	14	15364	19,68
2660	9,97	78,07		26/11/02					24/12/02	28	16148	20,68
2661	9,98	78,15		26/11/02					24/12/02	28	15560	19,91

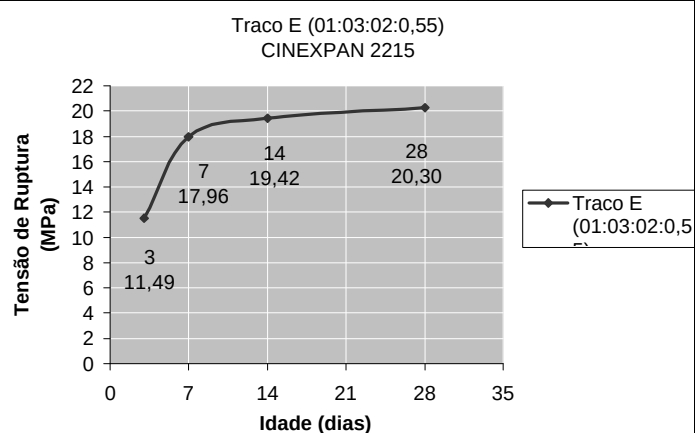


Tabela A1.6 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (F - 1:3:2:0,7)

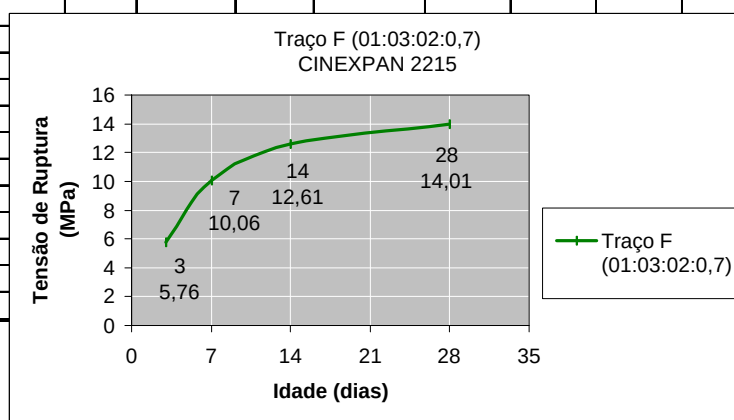
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		
	CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS		
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA		
	Construções Rurais e Ambiência		

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:03:02:0,7				(m ³)	(kg)	V (m ³) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Amnat = 1380
Agregado miúdo natural			3	0,0116	16,0632	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			2	0,0078	3,88	D RX822N = 1210
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0,7	0,0027		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		MASSA ESPECÍFICA		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m ³)	Seca (kg/m ³)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2697	10,00	78,54	19,96	27/11/02	2402,0	2151,9	1532,22	1372,68	30/11/02	3	4350	5,54
2698	9,98	78,23	19,96	27/11/02	2397,9	2163,0	1535,74	1385,30	30/11/02	3	4683	5,99
2699	9,95	77,68		27/11/02			1533,98	1378,99	04/12/02	7	7964	10,25
2700	9,95	77,76		27/11/02					04/12/02	7	7666	9,86
2701	9,97	78,07		27/11/02					11/12/02	14	9779	12,53
2702	9,90	76,98		27/11/02					11/12/02	14	9779	12,70
2703	9,99	78,38		27/11/02					25/12/02	28	11386	14,53
2704	10,06	79,49		27/11/02					25/12/02	28	10720	13,49




UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 Construções Rurais e Ambiente

DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emilio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	VOLUME	Peso	
Traço 01:03:03:0,7				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Am ^{nat} = 1380
Agregado miúdo natural			3	0,0116	16,0632	D Ag ^{art} = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			3	0,0116	5,82	D RX822N = 1210
Água						<i>Traço muito mole</i>
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0,7	0,0027		

Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

[illegible]


UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 Construções Rurais e Ambiência

DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emilio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

Traço H (01:03:04:0,75)
CINEXPAN 2215

Tensão de Ruptura (MPa)

Idade (dias)

— Traço H (01:03:04:0,75)

Idade (dias)	Tensão de Ruptura (MPa)
1	2,55
3	5,87
7	8,91
28	12,59

Tabela A1.9 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (I - 1:4:4:0,85)

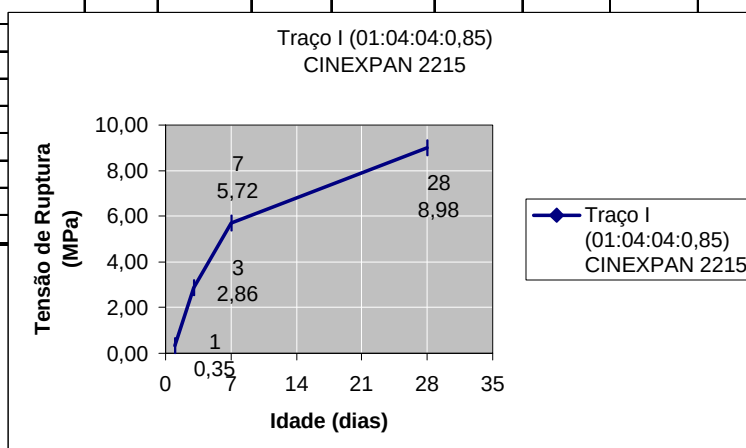
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL Construções Rurais e Ambiência
--

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:04:04:0,85				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,656	D Amnat = 1380
Agregado miúdo natural			4	0,0155	21,4176	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			4	0,0155	7,76	D RX822N = 1210
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0.85	0.0033		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia Natural Quartzosa peneirada do Rio Piranga em Ponte Nova - MG
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m ³)	Seca (kg/m ³)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2755	10,02	78,85	20,23	09/04/03	2326,0	2098,0	1458,46	1315,50	10/04/03	1	280	0,36
2756	10,05	79,33	19,93	09/04/03	2324,0	2062,0	1470,33	1304,57	10/04/03	1	280	0,35
2757	9,98	78,23		09/04/03					12/04/03	3	2080	2,7
2758	9,96	77,91		09/04/03					12/04/03	3	2400	3,1
2759	10,02	78,78		09/04/03					12/04/03	3	2240	2,8
2760	10,00	78,54		09/04/03			1464,4	1310,03	16/04/03	7	4560	5,81
2761	10,02	78,85		09/04/03					16/04/03	7	4360	5,53
2762	9,99	78,38		09/04/03					16/04/03	7	4560	5,82
2763	10,05	79,33		09/04/03					07/05/03	28	7000	8,82
2764	10,02	78,85		09/04/03					07/05/03	28	7000	8,88
2765	9,99	78,38		09/04/03					07/05/03	28	7240	9,24




UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
 Construções Rurais e Ambiência

DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	25
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	VOLUME	Peso	
Traço 01:04:04:0,85				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039 D Amnat = 1380 D Agart = 500 D cim = 1200 RX (ml/kg) = 3 D RX822N = 1210
Cimento			1	0,0039	4,656	
Agregado miúdo natural			4	0,0155	21,4176	
Agregado miúdo artificial						
Agregado graúdo natural						
Agregado graúdo artificial			4	0,0155	7,76	
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0,85	0,0033		

Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia Natural Quartzosa peneirada do Rio Piranga em Ponte Nova - MG
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 1506, passante #12,5mm retido #9mm
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

[illegible]

Tabela A1.11 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (L - 1:4:4:0,9)

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA Construções Rurais e Ambiência

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	30-35oC
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:04:04:0,9				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,716	D Amnat = 1400
Agregado miúdo natural			4	0,0157	22,008	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			4	0,0157	7,86	D RX822N = 1210
Água						Trabalhável
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		Autoadensável
Fator a/c			0,9	0,0035		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN 2215, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm2)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m3)	Seca (kg/m3)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2731	9,915	77,21	20,23	03/12/02	2326,0	2098,0	1489,52	1343,51	06/12/02	3	1940	2,51
2732	10,015	78,78	19,93	03/12/02	2324,0	2062,0	1480,63	1313,71	06/12/02	3	1450	1,84
2733	9,72	74,20		03/12/02			1485,07	1328,61	10/12/02	7	3214	4,33
2734	9,98	78,23		03/12/02					10/12/02	7	3312	4,23
2735	9,99	78,30		03/12/02					17/12/02	14	3704	4,73
2736	9,93	77,44		03/12/02					17/12/02	14	4135	5,34
2737	9,95	77,76		03/12/02					31/12/02	28	5467	7,03
2738	9,97	78,07		03/12/02					31/12/02	28	5271	6,75

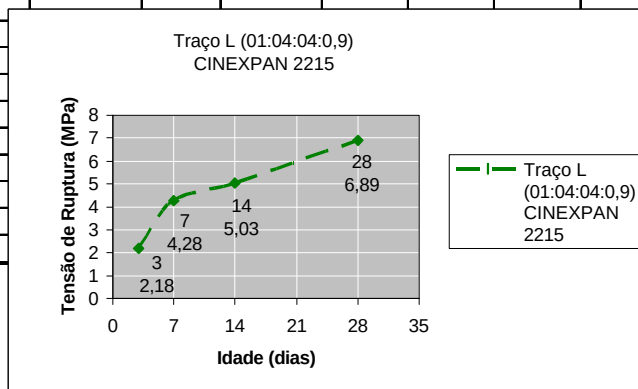


Tabela A1.12 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (M - 1:3:5:0,9)

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA		
	CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS		
	DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL		
	Construções Rurais e Ambiência		

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	30-35oC
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:03:05:0,9				(m3)	(kg)	V (m3) = 0,0039
Cimento			1	0,0039	4,716	D Amnat = 1400
Agregado miúdo natural			3	0,0118	16,506	D Agart = 500
Agregado miúdo artificial						D cim = 1200
Agregado graúdo natural						RX (ml/kg) = 3
Agregado graúdo artificial			5	0,0197	9,825	D RX822N = 1210
Água						Trabalhável
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		Autoadensável
Fator a/c			0,9	0,0035		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm2)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m3)	Seca (kg/m3)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2739	9,995	78,46	20,08	03/12/02	2246,0	2002,0	1425,93	1271,02	06/12/02	3	2508	3,2
2740	9,975	78,15	20,08	03/12/02	2178,0	1944,0	1387,97	1238,85	06/12/02	3	2606	3,3
2741	9,98	78,23		03/12/02			1406,95	1254,93	10/12/02	7	5173	6,6
2742	9,99	78,38		03/12/02					10/12/02	7	5075	6,5
2743	10,01	78,62		03/12/02					17/12/02	14	5742	7,3
2744	10	78,54		03/12/02					17/12/02	14	5859	7,5
2745	9,97	78,07		03/12/02					31/12/02	28	6349	8,1
2746	10	78,54		03/12/02					31/12/02	28	5957	7,6

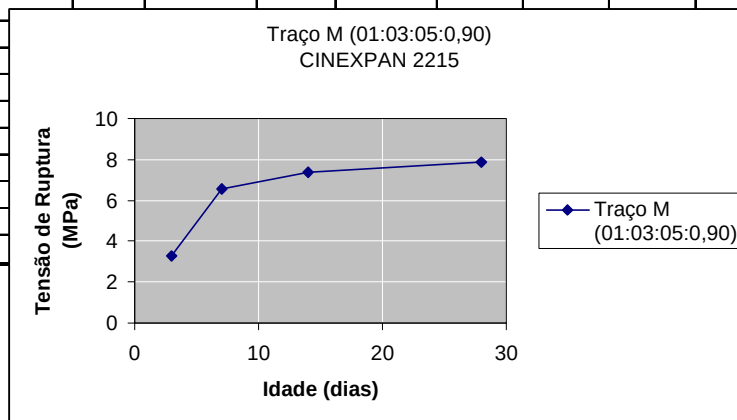


Tabela A1.13 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (N - 1:4:6:0,9)

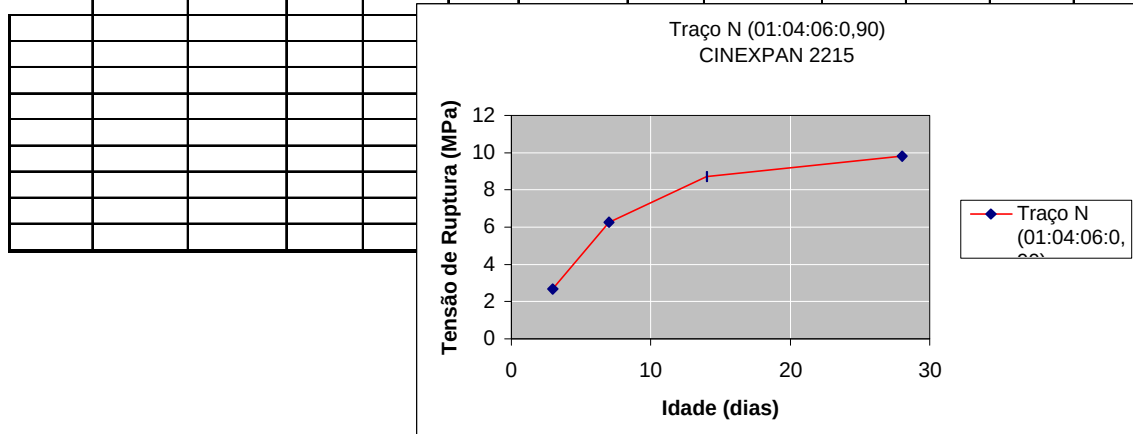
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL Construções Rurais e Ambiente
--

ENSAIO DE COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO			
DATA:	27/11/02	TEMPERATURA AMBIENTE:	30-35°C
OPERADOR:	Ricardo Fiorotti, Paulo Emílio, José Carlos		
INTERESSADO:	Ricardo Fiorotti		

TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO						
MATERIAIS	Umidade h (%)	Faixa Granulom.	Proporcionamento traço			NOTAS V (m3) = 0,0039 D Amnat = 1400 D Agart = 500 D cim = 1200 RX (ml/kg) = 3 D RX822N = 1210
			Unidade	Volume	Peso	
Traço 01:04:06:0,9				(m3)	(kg)	
Cimento			1	0,0039	4,716	
Agregado miúdo natural			4	0,0157	22,008	
Agregado miúdo artificial						
Agregado graúdo natural						
Agregado graúdo artificial			6	0,0236	11,79	
Água						
Aditivo(ml) RX 822N (3ml/kgcimento)			35ml	3,50E-05		
Fator a/c			0.9	0.0035		

PROCEDÊNCIA, TIPO E MARCA DOS MATERIAIS	
Cimento	
Agregado miúdo natural	Areia peneirada (peneira arroz) Rio do Peixe
Agregado miúdo artificial	
Agregado graúdo natural	
Agregado graúdo artificial	Argila Expandida CINEXPAN, passante #19mm retido #12,5
Água	LEC
Aditivo	REAX RX 822N (dosagem 3ml/kg de cimento)

CORPO DE PROVA				Data Molde	PESO		Massa Específica		ENSAIOS COMPRESSÃO			
Registro	Diâmetro (cm)	Área (cm²)	Altura (cm)		Úmido (kg)	Estufa 24h (kg)	Úmida (kg/m³)	Seca (kg/m³)	Data	Idade (dias)	Força (Kgf)	Tensão (MPa)
2755	10,015	78,78	20,05	04/12/02	2104,0	1892,0	1332,11	1197,89	07/12/02	3	2136	2,7
2756	10,04	79,17	20,07	04/12/02	2082,0	1895,0	1310,32	1192,63	07/12/02	3	2116	2,7
2757	9,985	78,30		04/12/02			1321,21	1195,26	11/12/02	7	3606	6,1
2758	10,01	78,70		04/12/02					11/12/02	7	3900	6,4
2759	10	78,54		04/12/02					18/12/02	14	4683	8,8
2760	9,96	77,83		04/12/02					18/12/02	14	4291	8,6
2761	10	78,54		04/12/02					01/01/03	28	5977	9,5
2762	9,96	77,91		04/12/02					01/01/03	28	5957	10,1



APÊNDICE 2

Médias horárias Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Velocidade do Ar (Var) para os tratamentos Externo, Concreto Leve (LWC), Fibrocimento (Fcim) e Cerâmica (Cer) dos dados coletados para condição de VERÃO.

A2.1. Médias horárias dia 18/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
18/03/03	8,00	98,00	85,65	90,80	86,00	20,00	18,70	20,57	20,57	20,95	19,05	20,95	20,57	0,01	0,00	0,00	0,00
	9,00	97,75	89,13	95,20	92,30	20,70	19,30	21,14	21,33	22,38	19,74	21,62	21,43	0,01	0,00	0,00	0,00
	10,00	91,75	85,53	92,00	88,73	21,63	20,00	21,71	22,09	25,47	20,61	22,67	22,67	0,02	0,00	0,00	0,00
	11,00	88,50	82,58	88,58	86,10	22,08	20,61	22,48	22,67	26,54	21,48	23,53	23,34	0,02	0,00	0,10	0,00
	12,00	84,75	80,28	87,05	83,88	22,68	21,30	23,05	22,96	27,82	22,36	24,40	23,92	0,40	0,20	0,20	0,20
	13,00	77,25	75,33	81,60	79,58	24,78	22,36	24,11	24,11	34,02	23,86	25,85	24,57	0,40	0,30	0,20	0,30
	14,00	69,50	72,55	75,80	75,28	26,08	22,88	25,17	24,98	35,17	24,03	26,83	26,05	0,35	0,50	0,30	0,30
	15,00	66,00	67,90	71,53	72,83	26,90	23,59	25,56	25,37	34,75	24,93	27,32	26,34	0,42	0,30	0,40	0,40
	16,00	70,75	68,83	73,03	73,18	25,73	23,33	25,37	25,17	31,14	24,39	26,63	25,85	0,47	0,50	0,40	0,50
	17,00	90,25	81,30	87,28	84,75	22,23	21,05	22,77	23,15	23,35	21,83	23,83	23,63	0,51	0,40	0,30	0,30
	18,00	98,00	87,58	94,30	91,10	20,15	19,28	20,95	21,20	20,32	19,65	21,46	21,33	0,05	0,00	0,00	0,10

A2.2. Médias horárias dia 19/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
19/03/03	8,00	98,00	89,28	94,60	90,88	19,85	18,82	20,57	20,57	22,10	19,16	21,08	20,70	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	97,00	87,40	93,58	90,60	21,85	20,35	22,09	22,29	28,82	21,04	23,05	22,86	0,27	0,20	0,20	0,30
	10,00	82,25	82,83	88,58	84,65	24,35	21,74	23,63	23,73	32,86	22,62	24,79	24,60	0,47	0,40	0,10	0,50
	11,00	73,50	75,28	78,98	78,25	25,98	22,88	25,08	24,98	32,88	23,68	26,24	25,76	0,47	0,50	0,10	0,40
	12,00	62,50	66,13	69,23	70,68	28,13	24,30	26,73	26,24	37,26	25,74	28,51	27,52	0,60	0,30	0,50	0,50
	13,00	53,75	55,70	58,33	61,40	30,53	26,46	28,80	28,11	41,96	28,85	30,92	29,70	0,68	0,50	0,60	0,70
	14,00	52,25	54,93	56,93	59,60	30,78	26,37	28,41	28,11	40,16	28,66	30,61	29,31	0,56	0,50	0,40	0,60
	15,00	44,75	51,93	54,60	58,15	31,83	27,09	29,60	29,10	44,92	29,40	31,63	30,31	0,51	0,40	0,50	0,50
	16,00	51,75	52,33	55,00	58,15	31,60	26,73	29,11	28,51	38,70	28,66	30,92	29,51	0,60	0,70	0,50	0,60
	17,00	73,00	65,38	70,95	71,88	26,28	24,13	26,15	26,05	28,51	25,10	27,22	26,64	0,20	0,10	0,00	0,10
	18,00	89,00	77,38	84,53	82,23	23,68	21,92	23,54	24,01	24,02	22,45	24,59	24,50	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.3. Médias horárias dia 21/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
21/03/03	8,00	87,25	89,13	89,73	91,95	22,25	20,44	22,09	22,48	24,98	20,44	22,67	22,48	0,04	0,00	0,10	0,10
	9,00	81,25	82,85	86,28	84,45	23,20	20,87	22,96	23,05	28,03	21,13	23,44	23,25	0,27	0,20	0,20	0,30
	10,00	74,75	75,85	80,38	77,65	24,58	21,92	24,11	24,11	32,09	22,62	24,89	24,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	11,00	58,25	67,95	66,33	71,20	28,39	24,75	26,83	26,73	41,54	26,64	28,90	28,41	0,27	0,30	0,20	0,30
	12,00	54,25	58,43	60,18	64,35	30,38	25,47	27,72	27,81	39,60	27,64	29,81	29,30	0,47	0,40	0,40	0,50
	13,00	51,25	53,63	56,40	58,68	30,75	26,55	28,80	28,90	41,45	28,48	30,71	30,31	0,44	0,30	0,50	0,40
	14,00	52,50	53,63	55,38	58,95	29,58	26,36	28,31	28,31	39,92	28,20	30,31	29,70	0,32	0,20	0,20	0,30
	15,00	50,00	52,85	55,25	57,13	31,68	26,09	28,31	28,41	39,11	28,01	30,21	29,70	0,40	0,40	0,30	0,40
	16,00	48,00	48,70	54,45	53,23	31,98	26,45	28,70	28,90	40,43	28,20	30,31	29,91	0,42	0,30	0,50	0,40
	17,00	63,50	67,83	60,03	73,10	27,00	24,84	26,93	27,22	30,97	26,01	28,01	27,82	0,64	0,50	0,60	0,50
	18,00	80,67	80,03	74,20	82,95	23,80	22,36	24,02	24,30	24,12	23,06	24,98	24,79	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.4. Médias horárias dia 22/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
22/03/03	8,00	98,00	87,57	93,10	88,53	20,00	19,05	20,57	20,95	22,09	19,39	21,33	21,08	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	98,00	92,60	98,20	94,70	20,30	18,96	20,48	20,86	20,86	19,13	21,05	21,05	0,35	0,30	0,30	0,40
	10,00	98,00	91,90	97,93	94,63	20,70	19,48	21,05	21,33	23,25	19,83	21,81	21,71	0,31	0,20	0,20	0,30
	11,00	95,30	88,03	94,40	91,15	21,90	20,43	22,90	22,48	26,93	21,04	22,96	22,86	0,00	0,10	0,10	0,00
	12,00	89,80	86,28	92,10	88,40	22,40	20,95	22,67	22,86	27,33	21,22	23,34	23,24	0,32	0,30	0,20	0,30
	13,00	83,00	81,43	86,20	84,00	24,30	21,65	23,63	23,63	31,63	22,36	24,79	24,21	0,41	0,40	0,20	0,40
	14,00	73,30	75,00	78,85	78,63	25,90	22,80	24,89	24,69	35,49	23,95	26,54	25,76	0,27	0,30	0,30	0,30
	15,00	69,50	71,10	76,08	75,85	25,90	22,80	24,79	24,69	31,42	23,59	25,95	25,17	0,32	0,20	0,20	0,30
	16,00	65,50	69,15	73,15	73,43	27,20	23,24	25,27	25,08	36,35	24,48	26,54	25,85	0,40	0,20	0,10	0,30
	17,00	64,50	71,20	76,68	76,13	27,00	22,71	24,60	24,50	31,53	24,03	25,95	25,27	0,00	0,00	0,00	0,00
	18,00	79,80	77,80	84,95	83,63	23,50	20,66	22,09	22,22	22,87	21,48	23,24	22,99	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.5. Médias horárias dia 23/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
23/03/03	8,00	94,30	85,93	94,10	92,17	20,70	18,58	20,32	20,44	23,24	18,82	20,70	20,57	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	88,50	70,18	88,30	89,45	21,40	18,96	20,76	20,86	24,98	19,39	21,33	21,05	0,47	0,30	0,00	0,50
	10,00	84,80	64,35	84,40	87,10	22,30	19,91	21,62	21,62	28,74	20,35	22,48	22,00	0,47	0,40	0,20	0,50
	11,00	74,00	53,10	82,70	81,13	24,30	21,13	22,96	22,86	32,35	22,27	24,50	23,73	0,21	0,20	0,10	0,10
	12,00	73,80	47,03	82,53	81,33	23,70	20,87	22,57	22,57	28,11	22,09	23,92	23,34	0,40	0,30	0,10	0,30
	13,00	69,00	47,15	82,90	82,05	23,80	21,22	23,05	23,15	30,62	22,18	24,21	23,63	0,31	0,30	0,20	0,20
	14,00	68,00	50,53	76,10	76,88	27,30	22,80	24,79	24,59	37,40	24,48	26,54	25,66	0,36	0,30	0,10	0,40
	15,00	62,30	57,55	71,05	72,95	29,20	23,59	25,46	25,46	40,05	25,64	27,52	26,73	0,60	0,40	0,40	0,60
	16,00	62,30	63,45	71,38	72,55	29,40	23,33	24,88	24,98	36,43	25,29	27,23	26,54	0,51	0,30	0,20	0,50
	17,00	70,30	68,05	76,03	75,85	25,60	21,83	23,63	23,82	29,69	23,06	25,18	24,69	0,40	0,30	0,10	0,30
	18,00	87,30	72,93	86,70	84,30	21,70	19,91	21,62	21,90	21,91	20,35	22,29	22,19	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.6. Médias horárias dia 24/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
24/03/03	8,00	89,50	85,93	91,40	88,68	21,00	19,22	20,95	21,14	26,99	19,39	21,33	21,33	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	63,80	70,18	71,90	72,18	25,20	21,39	23,25	23,25	34,97	22,80	25,17	24,79	0,02	0,00	0,00	0,10
	10,00	63,30	64,35	65,33	67,80	25,60	23,24	25,27	24,79	36,60	24,66	27,03	25,95	0,00	0,00	0,00	0,00
	11,00	50,80	53,10	53,65	58,28	29,00	25,29	27,72	27,13	44,69	28,11	30,51	29,21	0,01	0,10	0,10	0,10
	12,00	43,00	47,03	49,80	54,28	31,60	26,19	27,52	27,42	45,87	29,79	31,74	30,81	0,05	0,10	0,10	0,10
	13,00	49,30	47,15	50,55	54,65	30,00	26,73	28,60	28,31	38,02	29,69	31,43	30,41	0,05	0,10	0,20	0,10
	14,00	49,80	50,53	52,65	55,40	30,40	25,92	28,21	27,91	39,39	28,57	30,72	29,81	0,20	0,10	0,10	0,10
	15,00	61,80	57,55	61,35	63,05	27,40	24,48	26,05	26,34	31,74	25,83	27,71	27,32	0,27	0,20	0,30	0,30
	16,00	65,30	63,45	66,73	67,68	26,70	23,59	25,66	25,76	30,51	24,57	26,73	26,34	0,36	0,10	0,20	0,30
	17,00	69,80	68,05	71,05	70,33	25,50	22,62	24,79	24,98	28,42	23,33	25,76	25,56	0,31	0,10	0,00	0,30
	18,00	71,80	72,93	76,40	74,38	25,00	21,40	23,34	23,54	23,74	21,83	24,11	24,11	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.7. Médias horárias dia 25/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
25/03/03	8,00	96,00	87,90	93,00	89,78	20,30	20,86	20,76	21,05	22,57	20,14	21,14	21,14	0,40	0,30	0,30	0,30
	9,00	83,50	83,38	87,60	84,55	22,10	21,71	21,62	21,81	27,82	21,27	22,57	22,57	0,55	0,50	0,50	0,50
	10,00	70,30	73,15	75,65	74,98	24,80	23,92	23,82	23,63	35,21	25,47	25,57	25,08	0,00	0,10	0,00	0,10
	11,00	61,50	63,33	64,80	66,65	26,90	26,05	25,85	25,76	36,79	25,82	27,52	26,93	0,01	0,10	0,00	0,10
	12,00	52,50	55,95	57,30	60,23	30,10	27,71	27,42	27,32	43,31	28,61	30,00	29,40	0,27	0,10	0,30	0,30
	13,00	47,30	51,80	53,15	55,58	30,90	28,21	28,21	28,21	42,36	29,53	30,92	30,31	0,32	0,20	0,30	0,20
	14,00	42,80	48,83	50,53	52,68	32,90	29,40	29,20	29,70	46,47	30,97	32,34	31,93	0,40	0,30	0,40	0,40
	15,00	49,50	51,43	53,65	55,43	30,40	27,91	27,52	27,91	39,27	28,82	30,11	29,80	0,44	0,50	0,50	0,50
	16,00	50,00	54,40	56,15	57,10	30,60	27,91	27,52	27,82	38,73	29,01	29,31	29,10	0,27	0,30	0,30	0,30
	17,00	52,00	56,48	57,98	58,80	30,50	27,03	26,83	27,32	37,52	27,61	28,61	28,41	0,00	0,10	0,00	0,10
	18,00	64,50	67,10	69,90	68,00	26,00	24,60	24,31	24,79	24,51	25,18	25,28	25,47	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.8. Médias horárias dia 26/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
26/03/03	8,00	96,30	81,30	85,83	75,65	19,20	18,93	20,44	20,95	27,13	19,74	21,58	22,09	0,04	0,00	0,00	0,10
	9,00	67,00	73,40	74,95	67,88	24,50	21,13	23,24	23,53	37,75	22,45	24,88	25,37	0,10	0,00	0,00	0,10
	10,00	58,00	62,18	62,78	59,65	26,20	22,62	24,79	24,69	38,71	24,75	27,12	27,13	0,20	0,10	0,10	0,10
	11,00	58,50	61,93	63,53	60,03	26,90	22,98	24,79	25,08	35,43	24,75	26,93	26,83	0,45	0,30	0,30	0,50
	12,00	54,00	56,20	57,45	55,35	28,30	24,03	26,34	26,54	40,84	26,83	29,21	28,91	0,47	0,30	0,40	0,30
	13,00	50,00	51,43	53,93	52,78	30,10	24,84	27,32	27,52	40,90	27,46	29,71	29,51	0,50	0,40	0,40	0,30
	14,00	52,80	53,10	55,23	53,43	28,10	24,03	26,24	26,44	35,93	26,27	28,31	28,11	0,40	0,10	0,20	0,20
	15,00	59,30	58,03	59,68	57,58	26,40	23,59	25,46	25,76	32,57	24,93	26,93	26,93	0,56	0,60	0,50	0,50
	16,00	57,50	57,53	59,13	57,20	27,10	23,59	25,66	25,76	33,63	25,11	27,42	27,13	0,60	0,50	0,30	0,30
	17,00	56,00	61,75	64,05	60,68	28,20	22,97	25,08	25,47	33,53	24,57	26,83	26,64	0,10	0,10	0,10	0,00
	18,00	76,00	72,18	76,53	70,60	23,10	21,22	22,96	23,34	23,35	21,74	23,63	23,82	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.9. Médias horárias dia 27/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
27/03/03	8,00	89,50	83,38	87,48	80,05	19,70	18,18	19,71	20,09	25,96	18,61	20,57	20,57	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	76,80	79,08	82,30	76,25	22,00	19,65	21,52	21,62	28,71	20,43	22,67	22,38	0,05	0,20	0,40	0,40
	10,00	67,50	70,90	72,63	69,25	24,60	21,48	23,54	23,53	34,13	22,89	25,27	24,98	0,10	0,00	0,00	0,00
	11,00	66,50	66,63	69,05	65,83	24,90	22,18	24,21	24,30	34,24	24,04	26,34	26,05	0,10	0,30	0,30	0,10
	12,00	65,00	65,38	68,50	65,28	25,80	22,62	24,40	24,69	33,70	24,48	26,54	26,34	0,20	0,10	0,10	0,10
	13,00	69,30	70,53	74,18	69,35	25,00	21,57	23,34	23,63	29,54	22,98	25,18	24,98	0,40	0,30	0,40	0,30
	14,00	80,00	76,60	82,00	76,15	22,80	20,70	22,57	22,96	27,93	22,18	23,92	24,02	0,27	0,30	0,20	0,30
	15,00	86,80	80,38	87,08	79,28	22,20	20,80	22,38	22,57	26,44	21,48	23,44	23,53	0,43	0,30	0,30	0,30
	16,00	83,80	80,28	85,08	78,08	22,20	20,09	21,90	22,19	25,56	20,87	22,96	22,96	0,56	0,60	0,50	0,40
	17,00	89,50	84,20	89,20	82,63	21,00	19,13	20,76	21,14	21,52	19,56	21,52	21,52	0,00	0,10	0,10	0,10
	18,00	97,50	89,95	95,53	88,05	19,50	18,35	19,81	20,19	19,33	18,61	20,38	20,38	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.10. Médias horárias dia 28/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
28/03/03	8,00	97,80	89,95	94,95	87,53	18,50	17,22	18,95	19,23	20,86	17,66	19,33	19,33	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	86,00	83,83	88,20	80,98	20,70	18,70	20,48	20,67	27,94	19,65	21,52	21,43	0,00	0,10	0,10	0,00
	10,00	67,80	74,48	76,98	71,98	24,90	20,78	22,77	23,15	37,95	22,36	24,70	24,89	0,31	0,20	0,30	0,30
	11,00	52,80	61,00	60,93	59,40	29,00	24,13	26,06	26,25	44,72	27,01	29,51	29,21	0,27	0,20	0,20	0,30
	12,00	50,00	52,08	53,80	52,78	28,90	25,20	27,52	27,42	42,07	28,38	30,31	30,01	0,47	0,50	0,50	0,40
	13,00	42,30	42,15	44,85	44,65	32,00	27,00	29,01	29,31	45,03	30,83	32,46	32,25	0,41	0,30	0,40	0,40
	14,00	50,50	51,55	53,55	51,65	29,50	24,84	27,23	27,62	38,61	28,29	30,11	30,11	0,26	0,20	0,30	0,30
	15,00	54,80	53,88	56,55	55,00	28,20	24,21	26,15	26,63	34,82	26,37	28,21	28,31	0,42	0,50	0,40	0,40
	16,00	48,30	52,58	53,65	52,28	30,70	25,29	27,32	27,52	40,92	27,01	29,21	28,91	0,51	0,50	0,50	0,50
	17,00	44,30	51,05	52,63	51,38	30,60	24,48	26,73	27,22	36,74	26,37	28,51	28,51	0,42	0,20	0,00	0,40
	18,00	67,00	68,95	71,60	66,38	24,50	21,05	23,06	23,63	23,06	22,10	24,31	24,70	0,00	0,00	0,00	0,10

A2.11. Médias horárias dia 29/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
29/03/03	8,00	86,50	82,68	86,30	80,00	19,90	18,70	20,28	20,47	28,37	19,57	21,33	21,53	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	65,50	70,40	71,35	66,05	23,70	20,43	22,38	22,77	35,58	21,92	24,21	24,69	0,21	0,40	0,20	0,50
	10,00	54,80	60,90	61,73	58,88	26,20	22,18	24,21	24,69	38,57	23,95	26,34	26,63	0,31	0,30	0,40	0,30
	11,00	58,00	58,70	60,30	58,33	26,10	22,80	24,79	25,08	35,20	24,48	26,73	26,73	0,47	0,30	0,50	0,50
	12,00	50,50	53,50	54,83	53,30	29,10	24,30	26,44	26,93	38,68	26,28	28,41	28,61	0,41	0,50	0,40	0,40
	13,00	46,30	48,95	50,55	49,18	29,90	25,10	27,22	27,52	40,26	27,74	29,71	29,91	0,56	0,50	0,50	0,50
	14,00	43,80	47,40	48,75	48,15	30,10	25,20	27,42	28,01	40,55	28,01	29,91	29,91	0,45	0,30	0,30	0,30
	15,00	45,30	48,20	50,15	48,25	31,10	25,20	27,52	28,01	41,37	27,64	29,71	29,70	0,69	0,30	0,40	0,40
	16,00	46,80	50,00	51,48	49,68	29,80	24,48	26,63	27,13	37,02	26,28	28,31	28,41	0,55	0,40	0,50	0,70
	17,00	43,50	52,48	52,88	50,85	30,60	24,13	26,34	26,83	36,16	25,46	28,01	28,11	0,47	0,20	0,40	0,50
	18,00	61,30	62,93	64,00	60,28	25,10	21,66	23,63	24,11	23,35	22,36	24,69	24,89	0,00	0,00	0,10	0,00

A2.12. Médias horárias dia 30/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
30/03/03	8,00	96,00	88,68	93,55	88,23	18,30	17,40	18,85	19,04	26,85	18,53	19,90	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	71,50	72,50	74,25	69,18	22,70	20,70	22,77	23,15	40,86	22,71	24,79	25,76	0,00	0,10	0,00	0,10
	10,00	52,00	58,05	57,73	56,03	26,90	23,42	25,95	25,95	44,16	25,92	28,11	28,90	0,31	0,20	0,30	0,30
	11,00	45,80	51,83	53,03	50,58	30,30	25,28	27,62	27,71	44,09	28,10	30,31	30,41	0,47	0,60	0,40	0,50
	12,00	44,00	48,45	50,30	49,28	31,90	26,00	28,31	28,51	44,69	29,50	31,53	31,63	0,65	0,50	0,70	0,60
	13,00	42,30	44,83	45,78	44,80	31,30	27,83	30,11	30,21	42,97	31,11	32,86	32,66	0,32	0,30	0,30	0,30
	14,00	38,50	39,00	40,28	39,83	32,80	27,83	30,11	30,31	47,84	31,49	33,59	33,49	0,32	0,30	0,30	0,30
	15,00	33,00	37,20	39,53	38,70	35,70	28,29	30,51	30,61	46,63	31,97	33,80	33,49	0,52	0,20	0,20	0,10
	16,00	32,50	36,23	37,03	35,95	33,80	28,85	31,22	31,53	47,20	31,20	33,18	33,18	0,44	0,20	0,40	0,50
	17,00	36,00	44,48	45,78	45,55	33,80	26,92	29,21	29,61	41,54	29,22	31,53	31,63	0,36	0,10	0,30	0,40
	18,00	62,50	62,60	64,95	60,90	26,30	22,89	24,79	25,47	24,80	23,95	26,15	26,74	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.13. Médias horárias dia 31/03/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
31/03/03	8,00	96,30	87,75	91,90	86,35	19,20	18,44	20,00	20,09	30,06	19,65	21,33	21,43	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	71,50	75,03	77,00	72,13	23,80	21,22	23,15	23,44	34,39	22,45	24,69	24,89	0,36	0,20	0,30	0,40
	10,00	69,50	70,35	73,00	69,13	24,70	22,27	24,21	24,59	32,58	23,24	25,65	25,37	0,27	0,20	0,30	0,30
	11,00	64,80	65,25	66,70	64,15	26,30	23,60	25,76	25,96	37,57	24,93	27,23	27,13	0,27	0,20	0,30	0,30
	12,00	54,00	54,50	56,15	55,40	29,40	25,65	27,81	27,72	39,83	27,92	30,01	29,70	0,64	0,50	0,60	0,60
	13,00	45,50	45,50	47,95	48,00	31,50	27,47	29,31	29,10	44,03	30,25	32,14	31,83	0,31	0,20	0,60	0,30
	14,00	39,00	40,10	42,43	42,23	34,00	28,48	30,61	30,51	47,71	31,59	33,38	32,97	0,51	0,50	0,50	0,50
	15,00	33,00	36,40	37,90	37,70	34,60	28,57	30,71	31,12	45,99	31,59	33,39	33,28	0,48	0,30	0,30	0,30
	16,00	34,00	38,33	39,90	38,95	33,80	28,20	30,61	30,71	45,77	30,35	32,34	32,45	0,30	0,10	0,20	0,10
	17,00	37,80	44,08	46,05	44,05	33,30	26,55	28,70	29,20	39,42	28,57	30,81	31,12	0,00	0,00	0,10	0,00
	18,00	68,30	64,65	67,48	63,20	24,40	22,28	23,82	24,70	23,16	23,16	25,08	25,77	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.14. Médias horárias dia 01/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
01/04/03	8,00	98,00	88,50	92,30	86,35	19,00	18,35	20,00	20,09	27,76	19,31	21,24	21,34	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	79,30	76,45	78,20	73,48	23,10	21,65	23,53	23,82	36,84	23,24	25,47	25,85	0,00	0,00	0,10	0,00
	10,00	68,30	68,18	70,75	67,70	25,50	23,15	25,18	25,47	37,24	24,66	27,03	26,93	0,47	0,40	0,50	0,20
	11,00	59,00	59,60	60,30	59,80	28,10	25,11	27,22	27,22	42,59	27,37	29,50	29,40	0,51	0,30	0,50	0,50
	12,00	45,50	49,30	51,08	51,60	31,50	27,10	29,41	29,41	44,93	29,97	31,83	31,73	0,36	0,20	0,20	0,40
	13,00	44,30	44,45	48,68	46,35	31,70	27,28	29,41	29,51	40,40	30,63	32,45	32,24	0,20	0,10	0,20	0,10
	14,00	53,30	51,83	54,20	52,93	29,10	25,65	28,01	28,11	34,67	27,65	29,71	29,61	0,41	0,10	0,10	0,10
	15,00	46,00	45,93	46,08	45,20	33,10	27,47	29,81	30,01	44,29	29,42	31,95	31,74	0,60	0,40	0,30	0,30
	16,00	40,50	43,83	45,53	44,93	32,20	27,09	29,10	29,51	42,67	29,69	31,63	31,53	0,40	0,30	0,30	0,40
	17,00	40,50	47,93	49,38	48,38	32,90	26,10	28,31	28,80	39,01	28,01	30,31	30,51	0,26	0,20	0,30	0,30
	18,00	68,50	68,20	71,23	66,75	25,30	21,75	23,54	24,21	23,55	22,80	25,09	25,48	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.15. Médias horárias dia 02/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
02/04/03	8,00	97,80	88,50	92,03	86,00	19,20	18,79	20,38	20,47	27,94	19,31	21,14	21,34	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	72,00	76,45	72,25	68,38	23,40	21,74	23,72	23,92	39,34	23,42	25,86	26,54	0,36	0,20	0,30	0,40
	10,00	55,00	68,18	59,38	57,45	27,60	23,95	26,05	25,95	42,13	26,10	28,21	28,60	0,46	0,50	0,50	0,50
	11,00	50,30	59,60	53,70	52,65	29,00	25,38	27,62	28,01	43,32	27,65	29,81	30,01	0,55	0,40	0,50	0,50
	12,00	43,50	49,35	47,20	46,08	31,20	26,64	29,01	29,11	41,86	29,31	31,02	31,12	0,41	0,50	0,40	0,40
	13,00	44,30	44,45	46,18	45,33	30,70	26,73	28,31	28,60	39,01	29,12	30,82	31,02	0,36	0,10	0,10	0,10
	14,00	44,20	51,83	44,98	44,70	33,50	27,37	29,40	29,40	44,58	30,35	32,24	32,14	0,28	0,20	0,20	0,20
	15,00	45,80	45,93	50,55	50,08	30,60	26,18	28,11	28,31	37,23	28,75	30,42	30,51	0,59	0,30	0,30	0,30
	16,00	41,30	43,83	42,65	42,35	34,40	27,55	30,01	30,11	46,92	30,15	32,24	32,24	0,40	0,30	0,40	0,40
	17,00	48,30	47,93	53,55	51,23	31,60	26,91	28,80	29,50	36,84	28,66	30,61	31,12	0,00	0,00	0,00	0,00
	18,00	73,30	68,20	72,10	67,38	24,10	21,13	22,96	23,63	22,97	22,72	24,80	25,29	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.16. Médias horárias dia 03/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
03/04/03	8,00	84,30	89,63	93,98	87,65	22,00	18,27	19,81	20,29	21,62	18,70	20,48	20,57	0,00	0,00	0,10	0,00
	9,00	71,30	82,30	85,15	79,43	24,30	20,26	22,00	22,19	31,45	21,05	23,25	23,35	0,00	0,00	0,10	0,00
	10,00	63,00	65,25	64,93	63,78	26,20	22,98	25,17	25,27	42,01	25,29	27,72	27,81	0,10	0,50	0,60	0,60
	11,00	57,30	61,93	63,78	61,33	28,20	23,59	25,56	25,76	37,41	25,92	27,91	27,71	0,20	0,20	0,20	0,20
	12,00	51,30	55,20	56,93	55,63	30,70	25,02	27,32	27,42	39,57	27,74	29,91	29,60	0,20	0,10	0,10	0,10
	13,00	52,50	51,55	54,18	52,30	29,90	25,55	27,72	28,01	38,80	28,01	30,31	30,31	0,35	0,10	0,20	0,30
	14,00	48,50	46,48	48,48	47,48	31,30	27,19	29,81	30,01	46,86	30,35	32,36	32,25	0,37	0,20	0,20	0,20
	15,00	47,80	45,63	47,85	47,10	32,70	27,28	29,81	30,01	43,72	30,35	32,46	32,45	0,58	0,40	0,40	0,40
	16,00	49,30	48,83	50,95	49,95	32,10	27,00	29,20	29,70	43,46	29,22	31,42	31,52	0,10	0,10	0,10	0,10
	17,00	51,00	55,30	56,93	55,00	31,60	25,47	27,91	28,41	37,55	27,55	29,91	30,01	0,00	0,00	0,10	0,00
	18,00	77,30	72,33	75,98	70,65	25,30	21,92	23,92	24,50	23,64	22,89	25,08	25,47	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.17. Médias horárias dia 04/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
04/04/03	8,00	83,70	90,38	94,48	88,28	22,20	18,87	20,57	20,86	22,58	19,13	21,05	21,14	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	71,30	79,15	81,95	76,48	24,20	21,13	23,16	23,34	34,58	22,45	24,69	24,79	0,00	0,00	0,00	0,00
	10,00	60,30	68,78	71,08	68,48	26,50	22,53	24,60	24,69	36,43	24,13	26,44	26,25	0,18	0,20	0,30	0,30
	11,00	56,70	62,83	64,68	62,38	28,70	23,86	25,95	26,05	36,71	25,46	27,62	27,42	0,25	0,10	0,10	0,10
	12,00	50,30	59,35	61,20	60,00	31,00	24,21	26,34	26,44	36,58	26,28	28,60	28,41	0,77	0,60	0,60	0,70
	13,00	52,00	56,88	59,10	57,95	30,00	24,84	27,13	27,23	37,25	26,73	29,00	28,90	0,56	0,60	0,50	0,50
	14,00	47,30	55,18	56,93	56,03	31,70	25,11	27,52	27,91	37,07	27,10	29,30	29,10	0,74	0,70	0,70	0,70
	15,00	47,30	56,48	57,58	56,15	33,20	25,02	27,12	27,32	35,63	26,37	28,71	28,51	0,66	0,50	0,50	0,50
	16,00	50,30	57,65	59,25	57,83	32,00	24,75	26,73	27,03	33,39	26,00	28,21	28,11	0,82	0,60	0,60	0,80
	17,00	52,00	59,88	61,95	60,53	31,30	24,04	26,15	26,34	30,90	25,02	27,23	27,13	0,47	0,40	0,50	0,50
	18,00	84,70	73,15	77,45	73,08	23,60	21,22	23,15	23,44	22,86	21,92	23,92	24,11	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.18. Médias horárias dia 05/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
05/04/03	8,00	94,70	84,40	88,50	89,13	21,90	19,91	21,62	22,00	25,52	20,17	22,09	22,19	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	64,00	75,00	78,13	89,55	27,30	21,39	23,24	23,53	29,62	21,74	23,92	23,92	0,00	0,00	0,00	0,00
	10,00	59,00	66,40	67,48	90,40	29,30	23,24	24,98	25,18	36,49	24,21	26,44	26,54	0,31	0,30	0,30	0,30
	11,00	66,70	61,00	63,55	92,90	27,30	24,04	26,15	26,25	38,62	25,92	28,11	28,01	0,51	0,20	0,50	0,50
	12,00	67,70	53,88	56,68	91,40	26,80	26,09	28,21	28,31	42,25	28,47	30,41	30,31	0,45	0,50	0,40	0,40
	13,00	63,70	54,65	57,18	86,95	28,10	26,10	28,31	28,81	40,28	28,56	30,71	30,61	0,23	0,10	0,20	0,30
	14,00	58,00	50,80	52,50	84,10	29,90	27,09	29,40	29,60	43,81	29,88	32,04	31,93	0,28	0,10	0,30	0,30
	15,00	58,70	51,55	53,28	83,78	29,70	27,00	29,41	29,61	40,92	29,13	31,42	31,32	0,63	0,60	0,60	0,60
	16,00	65,30	52,70	54,45	74,73	28,00	27,09	29,40	29,30	40,83	28,57	30,81	30,61	0,25	0,20	0,30	0,30
	17,00	75,00	55,18	56,80	66,58	26,40	26,64	28,71	29,11	36,90	27,65	29,91	30,01	0,00	0,00	0,10	0,00
	18,00	87,30	71,63	75,23	62,10	23,30	22,89	24,95	25,37	24,51	23,86	26,06	26,35	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.19. Médias horárias dia 06/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
06/04/03	8,00	84,00	88,13	93,28	88,33	21,70	21,62	21,81	21,62	29,62	22,58	22,87	22,30	0,00	0,00	0,00	0,00
	9,00	78,00	73,65	74,98	69,98	23,50	25,47	25,76	25,86	41,42	27,42	27,52	28,11	0,44	0,40	0,40	0,50
	10,00	69,70	63,83	65,68	63,00	24,90	27,42	27,62	27,62	39,62	29,51	29,70	29,51	0,46	0,40	0,40	0,50
	11,00	62,30	65,75	68,40	65,28	28,00	26,73	26,83	26,83	34,03	28,21	28,51	28,11	0,40	0,30	0,40	0,40
	12,00	62,30	67,30	70,68	67,20	26,90	26,24	26,54	26,44	32,56	27,62	27,81	27,42	0,44	0,20	0,40	0,50
	13,00	65,30	65,65	67,35	64,93	26,20	27,03	27,42	27,22	37,01	28,71	28,81	28,41	0,39	0,40	0,40	0,40
	14,00	64,30	60,38	62,63	60,80	27,30	27,82	28,31	28,21	37,37	29,91	30,21	29,70	0,45	0,50	0,50	0,50
	15,00	59,30	59,85	62,10	61,20	29,80	28,41	28,71	28,21	39,02	30,11	30,51	29,91	0,67	0,30	0,40	0,40
	16,00	51,70	62,93	65,43	63,75	30,80	27,32	27,62	27,62	32,59	28,71	29,31	28,71	0,71	0,60	0,70	0,70
	17,00	65,30	70,08	74,63	71,25	27,30	26,15	26,63	26,24	28,81	27,03	27,42	27,12	0,00	0,10	0,00	0,00
	18,00	89,00	76,20	81,05	76,38	21,40	24,30	24,69	24,40	24,12	24,98	25,18	24,98	0,00	0,00	0,00	0,00

A2.20. Médias horárias dia 07/04/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Var	Var	Var
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
07/04/03	8,00	77,70	85,70	90,65	85,15	20,70	19,30	20,86	21,14	27,75	19,91	21,81	21,62	0,05	0,10	0,10	0,10
	9,00	56,70	83,40	87,15	82,28	24,90	19,83	21,71	21,91	29,53	20,60	22,76	22,67	0,40	0,20	0,30	0,40
	10,00	48,30	78,88	80,60	78,08	27,40	20,78	22,86	22,96	33,73	22,00	24,50	24,11	0,27	0,30	0,30	0,30
	11,00	50,30	70,68	72,75	72,25	27,90	22,18	24,11	24,11	38,24	24,13	26,64	25,76	0,47	0,50	0,50	0,40
	12,00	51,30	65,75	68,13	68,23	28,20	23,15	25,27	25,27	37,97	25,29	27,91	27,03	0,51	0,50	0,50	0,50
	13,00	47,30	68,28	71,30	70,00	29,60	22,71	24,79	24,60	33,92	24,12	26,34	25,56	0,60	0,60	0,50	0,60
	14,00	53,30	65,75	68,38	68,00	27,80	23,33	25,46	25,37	35,71	24,93	27,03	26,34	0,45	0,20	0,40	0,40
	15,00	55,30	65,10	68,28	67,85	28,10	23,86	25,86	25,95	38,37	25,56	27,82	27,03	0,58	0,40	0,50	0,40
	16,00	69,00	61,13	62,48	62,75	24,70	23,95	26,95	26,05	39,91	25,92	28,01	27,32	0,42	0,30	0,40	0,30
	17,00	76,00	68,43	71,78	69,50	23,10	22,62	24,50	24,69	31,19	23,68	25,76	25,37	0,00	0,00	0,00	0,00
	18,00	81,30	80,25	84,90	80,65	22,00	20,35	22,00	22,29	21,91	20,78	22,77	22,57	0,00	0,00	0,00	0,00

APÊNDICE 3

Médias horárias Temperatura de Bulbo Úmido (Tbu), Índice Temperatura Globo Negro e Umidade (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR) dos dados coletados para condição de VERÃO.

A3.1. Médias horárias dia 18/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
18/03/03	8,00	19,95	18,32	20,33	20,20	70,05	67,45	70,33	69,95	8,78	7,41	7,43	7,42
	9,00	20,64	19,02	21,02	21,13	71,62	68,47	71,34	71,28	9,83	7,42	7,43	7,43
	10,00	21,42	19,61	21,50	21,79	74,47	69,55	72,47	72,68	15,18	7,42	7,44	7,44
	11,00	21,77	20,14	22,18	22,29	75,52	70,58	73,60	73,55	16,44	7,43	12,17	7,44
	12,00	22,26	20,75	22,70	22,52	76,83	71,69	74,63	74,14	53,73	14,18	16,04	13,55
	13,00	24,12	21,65	23,59	23,53	82,78	73,46	76,36	75,37	90,67	19,14	18,53	11,03
	14,00	25,15	22,07	24,46	24,26	84,38	73,89	77,72	76,99	84,05	19,02	20,40	15,80
	15,00	25,83	22,61	24,70	24,56	84,57	74,96	78,26	77,43	79,91	17,90	23,31	16,19
	16,00	24,84	22,39	24,57	24,37	81,18	74,39	77,65	76,93	60,27	18,11	18,80	14,30
	17,00	21,97	20,54	22,43	22,73	73,32	71,14	74,01	74,08	18,82	14,45	15,71	11,18
	18,00	20,10	18,95	20,80	20,97	69,70	68,36	71,06	71,08	7,96	7,42	7,43	8,01

A3.2. Médias horárias dia 19/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
19/03/03	8,00	19,80	18,54	20,43	20,33	70,79	67,69	70,51	70,15	7,43	7,41	7,43	7,42
	9,00	21,77	20,02	21,92	22,04	77,21	70,17	73,06	73,01	59,02	11,82	13,55	11,88
	10,00	23,85	21,27	23,32	23,31	81,72	72,26	75,38	75,22	90,53	15,36	12,67	16,20
	11,00	25,19	22,17	24,48	24,35	82,72	73,70	77,30	76,85	74,82	15,49	12,68	14,48
	12,00	26,91	23,25	25,78	25,35	87,22	76,02	79,94	78,88	108,17	18,68	25,39	20,35
	13,00	28,89	24,96	27,39	26,84	92,15	79,58	82,90	81,60	141,69	31,53	30,86	26,41
	14,00	29,07	24,83	26,95	26,77	90,95	79,35	82,34	81,25	107,44	30,52	27,29	20,71
	15,00	29,70	25,40	28,01	27,68	94,93	80,31	83,88	82,67	140,61	28,27	27,92	19,66
	16,00	29,85	25,07	27,55	27,10	90,46	79,52	83,02	81,64	85,80	30,45	25,70	18,50
	17,00	25,47	23,05	25,27	25,20	79,71	75,41	78,61	78,13	21,67	11,82	7,46	10,12
	18,00	23,39	21,28	23,12	23,51	74,85	72,14	75,07	75,30	7,44	7,43	7,45	7,45

A3.3. Médias horárias dia 21/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
21/03/03	8,00	21,91	20,16	21,82	22,27	74,47	69,83	72,70	72,89	15,22	7,42	10,05	7,43
	9,00	22,68	20,40	22,59	22,62	77,29	70,52	73,84	73,72	43,19	9,08	10,50	9,00
	10,00	23,84	21,23	23,56	23,47	81,14	72,23	75,62	75,27	83,07	14,48	15,30	11,37
	11,00	26,98	23,77	25,77	25,85	90,43	77,07	80,22	79,91	104,81	22,19	20,65	20,57
	12,00	28,77	24,10	26,40	26,67	90,32	78,05	81,35	81,17	97,50	27,00	26,29	22,47
	13,00	28,99	24,95	27,31	27,51	91,85	79,30	82,68	82,54	108,56	22,52	26,71	20,17
	14,00	27,89	24,76	26,77	26,94	89,91	78,95	82,00	81,66	90,79	19,18	20,21	18,31
	15,00	29,84	24,46	26,77	26,95	90,75	78,59	81,92	81,68	74,41	24,75	22,29	19,09
	16,00	30,03	24,61	27,12	27,26	91,86	78,84	82,25	82,06	85,48	21,11	23,69	16,57
	17,00	25,83	23,85	25,62	26,41	81,78	76,67	79,44	79,89	52,69	19,23	19,38	13,51
	18,00	23,26	21,80	23,26	23,83	74,83	72,98	75,47	75,75	7,45	7,44	7,45	7,45

A3.4. Médias horárias dia 22/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
22/03/03	8,00	19,95	18,72	20,39	20,65	70,89	68,00	70,66	70,66	7,43	7,42	7,43	7,43
	9,00	20,25	18,77	20,44	20,72	70,21	67,84	70,48	70,70	12,14	8,74	11,87	9,14
	10,00	20,65	19,27	21,00	21,19	72,27	68,73	71,46	71,53	27,65	9,65	12,27	10,39
	11,00	21,78	20,11	22,75	22,25	75,82	70,24	73,61	73,16	7,46	10,17	7,71	7,44
	12,00	22,13	20,58	22,46	22,55	76,37	70,72	73,67	73,66	47,15	9,53	11,70	10,40
	13,00	23,83	21,14	23,25	23,19	80,79	71,97	75,33	74,85	74,29	13,82	14,83	12,67
	14,00	25,10	22,08	24,28	24,08	84,58	73,84	77,38	76,65	78,43	16,41	20,32	15,80
	15,00	24,97	21,94	24,09	23,99	81,48	73,47	76,80	76,15	51,93	12,47	14,84	11,19
	16,00	26,11	22,31	24,47	24,29	85,96	74,40	77,51	76,87	89,88	15,34	13,18	13,46
	17,00	25,87	21,86	23,93	23,81	82,23	73,73	76,68	76,09	7,49	7,44	7,46	7,45
	18,00	22,93	20,04	21,68	21,77	73,67	70,51	73,02	72,90	7,44	7,43	7,44	7,44

A3.5. Médias horárias dia 23/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
23/03/03	8,00	20,55	18,21	20,17	20,24	72,19	67,20	70,03	69,99	7,44	7,41	7,42	7,42
	9,00	21,10	18,09	20,45	20,58	73,87	67,53	70,70	70,59	42,38	10,77	7,43	9,34
	10,00	21,89	18,83	21,20	21,28	77,23	68,78	72,10	71,81	70,31	11,38	12,91	11,26
	11,00	23,54	19,56	22,48	22,33	81,11	70,74	74,54	73,86	60,00	14,69	14,38	11,36
	12,00	22,93	19,01	22,09	22,05	77,54	70,20	73,82	73,37	47,16	16,94	13,52	13,44
	13,00	22,86	19,36	22,58	22,65	79,34	70,53	74,40	74,02	61,53	14,92	14,83	10,50
	14,00	26,30	21,09	24,10	23,92	86,88	73,50	77,24	76,46	93,77	20,54	15,34	17,09
	15,00	27,96	22,20	24,59	24,65	90,06	75,17	78,32	77,79	127,15	25,91	26,01	21,46
	16,00	28,16	22,19	24,02	24,16	87,53	74,91	77,69	77,29	78,97	22,73	22,42	23,16
	17,00	24,70	20,87	22,94	23,12	80,01	72,29	75,38	75,15	44,29	17,03	14,43	14,23
	18,00	21,36	19,13	21,26	21,47	71,80	69,01	72,01	72,09	7,43	7,42	7,43	7,43

A3.6. Médias horárias dia 24/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
24/03/03	8,00	20,72	18,85	20,73	20,84	75,08	68,09	70,91	70,99	7,46	7,42	7,43	7,43
	9,00	24,06	20,51	22,42	22,43	83,43	71,83	74,99	74,72	27,18	7,44	7,45	14,38
	10,00	24,43	22,13	24,18	23,80	84,91	74,40	77,66	76,58	7,52	7,45	7,46	7,46
	11,00	27,23	23,68	26,11	25,74	92,94	78,09	81,65	80,42	29,90	20,16	20,04	16,84
	12,00	29,36	24,26	25,72	25,84	95,39	79,76	82,27	81,68	52,99	23,68	26,48	22,74
	13,00	28,14	24,80	26,83	26,74	88,69	80,08	82,86	82,04	33,05	20,80	25,50	16,94
	14,00	28,57	24,18	26,55	26,38	90,02	78,79	82,13	81,34	64,76	19,40	18,78	16,01
	15,00	26,16	23,08	24,80	25,16	82,59	75,96	78,62	78,59	39,59	16,05	20,41	15,10
	16,00	25,60	22,44	24,63	24,76	81,28	74,56	77,77	77,58	40,02	11,86	14,27	11,98
	17,00	24,58	21,66	23,92	24,08	78,98	73,07	76,53	76,51	30,61	10,64	7,46	11,98
	18,00	24,16	20,62	22,66	22,79	75,22	71,19	74,39	74,48	7,44	7,43	7,45	7,45

A3.7. Médias horárias dia 25/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
25/03/03	8,00	20,20	20,54	20,58	20,78	71,43	69,89	70,66	70,81	27,87	1,81	10,39	8,13
	9,00	21,65	21,26	21,29	21,39	76,38	71,25	72,24	72,31	67,84	3,00	17,00	15,08
	10,00	23,90	23,13	23,11	22,90	83,49	75,73	75,80	75,28	7,51	14,43	7,45	13,98
	11,00	25,65	24,88	24,74	24,72	85,95	77,28	78,44	77,99	21,60	6,42	7,47	12,73
	12,00	28,41	26,21	25,98	26,01	92,79	80,32	81,18	80,76	105,25	11,52	27,59	23,69
	13,00	28,92	26,50	26,57	26,69	92,47	81,22	82,29	81,93	99,82	15,88	28,61	20,85
	14,00	30,63	27,53	27,42	28,02	96,77	83,04	83,97	84,11	129,72	19,73	35,76	27,57
	15,00	28,55	26,19	25,91	26,38	89,92	80,46	81,21	81,33	91,27	16,63	33,55	26,50
	16,00	28,77	26,33	26,03	26,37	89,68	80,71	80,71	80,80	67,66	16,05	21,43	17,45
	17,00	28,78	25,56	25,43	25,95	88,79	79,11	79,75	79,98	7,53	10,08	7,47	12,38
	18,00	24,88	23,59	23,40	23,81	76,32	75,86	75,80	76,24	7,45	7,45	7,45	7,45

A3.8. Médias horárias dia 26/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
26/03/03	8,00	19,11	18,42	20,06	20,26	73,99	68,03	70,60	71,12	30,04	7,42	7,43	12,56
	9,00	23,48	20,36	22,51	22,55	85,06	71,46	74,84	75,24	67,16	7,43	7,45	15,73
	10,00	24,80	21,43	23,61	23,38	86,74	73,95	77,30	77,14	87,16	17,04	17,95	18,44
	11,00	25,52	21,78	23,64	23,78	84,85	74,21	77,19	77,22	88,95	21,25	24,14	25,07
	12,00	26,70	22,57	24,92	25,02	89,71	76,33	79,81	79,67	129,90	29,29	33,31	25,95
	13,00	28,28	23,15	25,73	25,87	90,92	77,22	80,78	80,74	116,23	31,05	28,99	22,99
	14,00	26,44	22,43	24,72	24,83	85,90	75,81	79,00	78,94	78,00	17,54	20,65	18,10
	15,00	25,06	22,22	24,14	24,35	82,40	74,66	77,56	77,71	73,21	22,22	22,26	19,24
	16,00	25,67	22,20	24,32	24,33	83,63	74,78	78,05	77,85	79,49	22,75	21,18	18,14
	17,00	26,69	21,76	23,95	24,20	84,31	74,06	77,34	77,38	31,49	14,65	15,34	7,46
	18,00	22,41	20,41	22,29	22,46	73,64	70,98	73,76	74,03	7,44	7,43	7,44	7,44

A3.9. Médias horárias dia 27/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
27/03/03	8,00	19,43	17,74	19,38	19,54	73,36	66,69	69,35	69,47	7,46	7,41	7,42	7,42
	9,00	21,34	19,07	21,03	20,94	76,81	69,02	72,12	71,84	28,83	12,39	17,79	14,27
	10,00	23,60	20,62	22,73	22,60	82,47	71,98	75,29	74,98	50,40	7,44	7,45	7,45
	11,00	23,86	21,17	23,27	23,24	82,75	73,23	76,48	76,24	49,54	21,94	24,06	15,33
	12,00	24,70	21,56	23,44	23,61	82,96	73,84	76,75	76,73	57,78	15,82	17,09	14,88
	13,00	24,07	20,70	22,59	22,71	79,43	72,11	75,12	75,06	48,34	18,43	24,01	17,97
	14,00	22,24	20,04	22,07	22,28	76,89	71,03	73,81	74,03	45,41	18,97	16,04	15,71
	15,00	21,85	20,26	22,03	21,99	75,50	70,67	73,43	73,46	47,03	12,73	15,70	14,92
	16,00	21,76	19,55	21,50	21,57	74,79	69,70	72,68	72,73	43,24	16,02	18,10	14,37
	17,00	20,72	18,71	20,48	20,67	71,05	68,11	70,86	71,00	7,43	9,35	10,85	9,14
	18,00	19,44	18,09	19,70	19,88	68,48	66,96	69,45	69,58	7,41	7,41	7,42	7,42

A3.10. Médias horárias dia 28/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
28/03/03	8,00	18,45	16,96	18,82	18,90	68,88	65,42	68,03	68,09	7,42	7,40	7,41	7,41
	9,00	20,33	18,27	20,17	20,15	75,49	67,85	70,64	70,55	7,47	11,69	12,11	7,43
	10,00	23,91	20,05	22,11	22,32	85,52	71,17	74,42	74,71	110,94	17,49	22,49	21,01
	11,00	27,33	22,88	24,79	24,91	93,04	76,69	79,94	79,81	123,82	25,79	29,44	30,55
	12,00	27,09	23,54	25,92	25,77	90,91	78,19	81,36	81,03	136,05	39,47	35,56	30,79
	13,00	29,72	24,78	26,92	27,21	95,03	80,91	83,69	83,74	126,31	37,34	38,55	33,96
	14,00	27,71	23,16	25,62	25,91	88,81	77,84	81,00	81,21	73,64	29,43	29,93	26,89
	15,00	26,64	22,65	24,69	25,09	85,22	76,04	78,91	79,28	68,57	29,20	26,01	22,59
	16,00	28,78	23,65	25,71	25,84	91,30	77,26	80,40	80,28	111,42	24,77	26,50	21,46
	17,00	28,46	22,78	25,08	25,50	87,98	76,14	79,42	79,73	64,15	19,49	7,47	19,08
	18,00	23,48	20,13	22,22	22,60	74,22	71,03	74,21	74,77	7,44	7,43	7,45	12,26

A3.11. Médias horárias dia 29/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
29/03/03	8,00	19,54	18,24	19,92	19,92	75,23	67,77	70,31	70,46	7,47	7,42	7,43	7,43
	9,00	22,63	19,56	21,54	21,73	82,83	70,48	73,63	74,13	84,99	20,84	19,09	26,77
	10,00	24,66	20,94	22,99	23,35	86,53	73,00	76,27	76,75	105,55	21,24	26,63	22,58
	11,00	24,70	21,47	23,51	23,71	84,08	73,78	76,94	77,09	96,30	20,54	26,98	24,07
	12,00	27,32	22,72	24,90	25,31	88,57	76,03	79,21	79,66	94,83	27,38	25,20	22,59
	13,00	27,88	23,29	25,46	25,69	90,15	77,52	80,58	80,90	117,88	34,03	32,54	31,53
	14,00	27,93	23,30	25,57	26,12	90,41	77,74	80,81	81,22	107,31	29,37	26,89	22,29
	15,00	29,01	23,35	25,74	26,12	91,80	77,49	80,79	81,06	128,96	26,49	27,19	22,69
	16,00	27,81	22,73	24,93	25,33	87,71	76,03	79,16	79,53	83,73	23,66	24,38	22,71
	17,00	28,41	22,50	24,71	25,09	87,52	75,26	78,77	79,13	61,77	15,92	22,50	20,35
	18,00	23,85	20,51	22,50	22,83	74,71	71,51	74,70	75,09	7,44	7,43	12,22	7,45

A3.12. Médias horárias dia 30/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
30/03/03	8,00	18,20	17,11	18,69	18,73	73,12	66,17	68,35	68,45	7,46	7,41	7,42	7,42
	9,00	21,86	19,90	22,02	22,22	86,15	71,32	74,42	75,28	7,55	16,48	7,45	19,20
	10,00	25,22	22,05	24,54	24,47	91,07	75,27	78,73	79,25	144,33	23,37	24,31	30,47
	11,00	28,25	23,61	25,98	25,95	93,25	78,03	81,41	81,46	142,11	38,56	31,70	34,66
	12,00	29,72	24,15	26,53	26,67	94,78	79,46	82,71	82,89	154,32	42,70	45,83	41,89
	13,00	29,03	25,76	28,06	28,10	93,00	81,83	84,82	84,71	101,51	33,06	28,94	26,60
	14,00	30,25	25,40	27,73	27,89	97,50	81,85	85,12	85,17	128,67	36,02	34,63	32,29
	15,00	32,69	25,73	28,07	28,11	98,40	82,45	85,53	85,33	119,75	30,92	28,44	20,46
	16,00	30,79	26,21	28,60	28,83	97,42	82,24	85,46	85,63	134,08	22,45	25,14	24,11
	17,00	31,06	24,84	27,17	27,55	93,44	79,76	83,19	83,54	73,64	17,83	25,58	25,67
	18,00	25,09	21,72	23,69	24,20	76,69	73,57	76,65	77,46	7,45	7,44	7,46	7,46

A3.13. Médias horárias dia 31/03/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
31/03/03	8,00	19,11	18,12	19,79	19,73	76,15	67,74	70,22	70,24	7,48	7,42	7,43	7,43
	9,00	22,95	20,51	22,49	22,62	82,19	71,57	74,69	74,93	97,94	15,26	19,45	20,50
	10,00	23,78	21,39	23,41	23,65	81,46	72,81	76,08	76,05	65,77	13,61	18,68	13,53
	11,00	25,19	22,52	24,72	24,82	86,18	74,89	78,21	78,21	90,87	15,92	18,92	16,58
	12,00	27,79	24,10	26,32	26,19	89,77	78,26	81,44	81,12	126,29	30,31	31,73	29,31
	13,00	29,41	25,44	27,39	27,19	94,07	80,97	83,80	83,42	106,85	25,18	38,69	28,77
	14,00	31,47	26,11	28,35	28,24	98,30	82,45	85,43	85,04	146,93	38,79	35,38	32,26
	15,00	31,61	25,95	28,16	28,55	97,13	82,33	85,29	85,49	119,88	31,03	28,39	24,34
	16,00	30,91	25,72	28,19	28,23	96,45	81,25	84,54	84,65	100,88	17,16	18,51	15,33
	17,00	30,70	24,45	26,68	27,06	91,61	79,00	82,30	82,80	7,54	7,47	16,98	7,49
	18,00	23,43	21,19	22,83	23,53	74,25	72,60	75,22	76,25	7,44	7,44	7,45	7,46

A3.14. Médias horárias dia 01/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
01/04/03	8,00	18,95	18,05	19,80	19,73	74,34	67,44	70,16	70,18	7,47	7,41	7,43	7,43
	9,00	22,52	20,98	22,91	23,04	83,67	72,50	75,57	75,95	7,52	7,44	16,18	7,46
	10,00	24,53	22,19	24,30	24,47	85,45	74,44	77,75	77,80	122,07	21,04	26,08	16,75
	11,00	26,73	23,79	25,91	25,89	91,02	77,63	80,76	80,67	154,83	25,08	30,42	29,42
	12,00	29,41	25,28	27,65	27,68	94,73	80,64	83,77	83,71	122,25	25,75	22,90	28,37
	13,00	29,54	25,19	27,53	27,50	91,48	81,06	84,13	83,95	62,92	22,56	26,85	19,78
	14,00	27,46	23,97	26,42	26,46	85,72	77,97	81,29	81,25	58,27	16,47	15,13	14,23
	15,00	31,02	25,46	27,78	27,93	95,44	80,37	83,95	83,90	130,92	25,03	24,18	20,98
	16,00	29,80	24,97	27,05	27,42	93,35	80,21	83,17	83,37	101,80	27,75	27,21	25,67
	17,00	30,49	24,22	26,48	26,91	91,15	78,41	81,78	82,24	51,88	19,63	23,07	20,81
	18,00	24,33	20,80	22,68	23,19	75,21	72,04	75,13	75,78	7,44	7,44	7,45	7,45

A3.15. Médias horárias dia 02/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
02/04/03	8,00	19,15	18,49	20,17	20,10	74,62	67,77	70,36	70,45	7,47	7,41	7,43	7,43
	9,00	22,57	21,07	22,90	22,96	85,56	72,70	75,85	76,40	143,65	18,13	24,14	31,04
	10,00	26,05	22,98	24,72	24,53	90,19	76,09	78,93	79,08	147,80	29,09	29,21	34,14
	11,00	27,21	24,06	26,01	26,35	91,91	78,03	81,06	81,46	158,70	27,90	29,52	27,61
	12,00	29,00	24,83	27,05	27,09	92,16	79,82	82,72	82,83	104,70	34,35	25,58	25,58
	13,00	28,56	24,65	26,31	26,54	89,73	79,55	82,03	82,35	78,50	18,23	18,78	18,38
	14,00	31,31	25,67	27,31	27,30	95,87	81,21	83,82	83,73	91,01	26,45	25,57	24,93
	15,00	28,54	24,19	26,34	26,52	88,41	78,94	81,76	81,95	80,00	27,51	25,49	24,63
	16,00	32,02	25,42	27,78	27,86	98,12	80,88	84,16	84,22	120,28	27,75	27,57	26,67
	17,00	29,67	25,02	27,17	27,75	88,95	79,48	82,51	83,31	7,52	7,47	7,49	7,49
	18,00	23,31	20,18	22,14	22,63	74,03	71,53	74,51	75,24	7,44	7,44	7,45	7,45

A3.16. Médias horárias dia 03/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
03/04/03	8,00	21,57	18,00	19,66	19,96	71,75	66,96	69,49	69,78	7,43	7,41	10,44	7,42
	9,00	23,44	19,78	21,60	21,61	80,38	70,00	72,97	73,05	7,49	7,43	13,07	7,44
	10,00	25,02	21,91	24,07	24,12	89,33	74,70	78,09	78,19	78,71	30,70	35,58	35,47
	11,00	26,75	22,38	24,41	24,51	87,22	75,52	78,48	78,41	66,15	22,29	22,43	19,88
	12,00	28,94	23,51	25,87	25,91	90,43	77,69	81,03	80,83	63,99	19,71	19,14	17,29
	13,00	28,21	23,86	26,13	26,33	89,32	78,15	81,52	81,67	82,47	18,54	23,97	25,41
	14,00	29,39	25,22	27,91	28,06	96,13	80,88	84,35	84,37	142,28	27,60	23,73	21,75
	15,00	30,73	25,26	27,88	28,03	94,81	80,91	84,40	84,50	127,01	35,12	31,35	29,46
	16,00	30,22	25,16	27,44	27,88	94,24	80,00	83,30	83,70	58,69	17,47	17,48	15,68
	17,00	29,81	23,96	26,45	26,86	89,58	77,88	81,46	81,83	7,53	7,47	16,48	7,48
	18,00	24,64	21,11	23,23	23,62	75,50	72,34	75,52	76,10	7,44	7,44	7,45	7,45

A3.17. Médias horárias dia 04/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
04/04/03	8,00	21,75	18,62	20,43	20,55	72,59	67,73	70,48	70,64	7,44	7,41	7,43	7,43
	9,00	23,34	20,55	22,66	22,66	82,61	71,60	74,81	74,89	7,51	7,43	7,45	7,45
	10,00	25,20	21,59	23,73	23,73	85,35	73,61	76,90	76,75	67,48	17,63	21,80	19,62
	11,00	27,22	22,69	24,83	24,84	87,05	75,40	78,58	78,44	64,52	14,65	14,98	13,63
	12,00	29,18	22,89	25,08	25,13	88,40	76,16	79,48	79,38	77,21	30,28	32,39	30,93
	13,00	28,28	23,41	25,77	25,82	88,23	76,87	80,29	80,25	84,74	28,30	26,29	24,28
	14,00	29,71	23,60	26,06	26,41	89,15	77,28	80,73	80,83	73,27	31,16	28,67	21,65
	15,00	31,19	23,57	25,70	25,83	89,18	76,72	80,02	79,97	35,61	21,04	23,47	19,45
	16,00	30,17	23,35	25,38	25,62	86,78	76,29	79,42	79,52	25,42	21,24	23,79	21,22
	17,00	29,57	22,74	24,92	25,05	84,49	75,12	78,36	78,38	3,58	16,27	18,33	15,41
	18,00	23,18	20,44	22,51	22,65	73,85	71,13	74,13	74,38	7,44	7,43	7,44	7,45

A3.18. Médias horárias dia 05/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
05/04/03	8,00	21,76	19,49	21,32	21,71	74,76	69,14	71,90	72,27	7,45	7,42	7,43	7,43
	9,00	26,15	20,67	22,62	23,25	81,02	71,17	74,21	74,68	7,48	7,43	7,44	7,44
	10,00	27,92	22,21	23,98	24,92	87,40	74,13	77,08	77,85	64,49	15,01	18,84	18,06
	11,00	26,25	22,79	24,99	26,06	87,74	75,82	79,05	79,77	122,58	19,42	27,19	25,18
	12,00	25,80	24,51	26,74	28,08	90,08	78,96	82,04	82,96	155,06	31,42	27,29	25,49
	13,00	26,93	24,55	26,86	28,44	89,47	79,07	82,35	83,45	89,77	18,54	22,76	21,52
	14,00	28,47	25,35	27,71	29,14	93,21	80,62	83,97	84,94	112,32	20,04	28,07	25,66
	15,00	28,30	25,29	27,76	29,14	90,95	80,03	83,54	84,49	134,29	30,96	29,65	26,34
	16,00	26,89	25,44	27,81	28,54	89,85	79,73	83,13	83,52	98,84	16,89	18,48	17,70
	17,00	25,66	25,11	27,24	28,05	86,04	78,81	82,04	82,71	7,52	7,47	12,88	7,48
	18,00	22,96	22,05	24,23	24,16	74,90	73,75	76,98	77,14	7,45	7,44	7,46	7,46

A3.19. Médias horárias dia 06/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
06/04/03	8,00	21,27	21,49	21,45	21,31	77,42	72,61	72,36	72,05	7,48	7,44	7,44	7,43
	9,00	22,87	24,98	24,73	24,95	87,31	78,61	78,36	79,02	176,72	25,02	23,31	30,11
	10,00	23,98	26,46	26,33	26,42	86,80	81,31	81,08	81,15	149,62	26,29	26,20	26,50
	11,00	26,77	25,75	25,75	25,73	84,74	79,91	79,69	79,60	61,78	19,01	22,59	18,99
	12,00	25,68	25,52	25,35	25,42	82,85	79,23	78,96	78,86	60,93	16,25	18,90	17,33
	13,00	25,11	26,33	26,01	26,10	85,71	80,56	80,25	80,10	103,60	22,60	19,99	18,18
	14,00	26,16	27,00	26,61	26,92	86,75	82,09	81,58	81,65	103,66	28,51	26,60	22,47
	15,00	28,43	27,37	27,17	26,93	89,64	82,58	82,14	81,82	114,94	20,73	23,69	22,78
	16,00	29,06	26,42	26,22	26,45	85,36	81,00	80,41	80,58	28,96	22,80	27,60	20,45
	17,00	26,20	25,71	25,40	25,37	80,46	79,08	78,56	78,60	7,47	11,42	7,47	7,46
	18,00	21,11	24,00	23,77	23,72	73,25	76,16	75,84	75,81	7,45	7,45	7,45	7,45

A3.20. Médias horárias dia 07/04/2003

Data	Hora	Tbu				ITGU				CTR (w/m2)			
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer
07/04/03	8,00	20,08	18,92	20,62	20,74	75,16	68,53	71,18	71,13	29,90	10,16	11,71	9,59
	9,00	23,46	19,38	21,37	21,42	78,97	69,38	72,43	72,41	49,15	12,32	15,62	14,28
	10,00	25,52	20,19	22,32	22,34	83,60	71,01	74,42	74,15	54,31	16,94	20,23	16,41
	11,00	26,12	21,31	23,30	23,29	87,36	73,41	76,73	76,06	108,42	27,07	32,92	22,31
	12,00	26,47	22,10	24,29	24,30	87,42	74,84	78,39	77,75	106,83	28,99	34,04	25,17
	13,00	27,64	21,75	23,93	23,69	85,30	73,72	76,97	76,22	55,13	22,99	23,06	18,04
	14,00	26,17	22,27	24,49	24,39	85,53	74,71	77,89	77,30	83,03	17,63	21,59	16,19
	15,00	26,56	22,78	24,88	24,96	87,79	75,54	78,76	78,23	118,84	22,76	27,19	17,18
	16,00	23,76	22,71	25,74	24,86	86,85	75,75	79,53	78,37	147,83	22,81	17,01	17,36
	17,00	22,41	21,67	23,66	23,77	79,42	73,34	76,34	76,13	7,49	7,44	7,46	7,45
	18,00	21,48	19,81	21,59	21,75	71,89	69,82	72,61	72,58	7,43	7,42	7,44	7,44

APÊNDICE 4

Médias horárias Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Velocidade do Ar (Var), Índice Temperatura Globo Negro e Umidade (ITGUcor) para os tratamentos Concreto Leve (LWC), Fibrocimento (Fcim) e Cerâmica (Cer) dos dados coletados para condição de INVERNO.

A4.1. Médias horárias dia 23/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Var	Tbu			ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
23/05/03	19,00	96,50	57,80	56,70	59,00	17,90	26,30	23,40	23,00	17,10	27,80	25,60	24,80	0,10	24,89	21,97	21,68	78,76	74,98	74,17
	20,00	98,00	54,00	54,70	59,00	16,90	27,50	23,30	22,30	16,20	28,50	25,70	24,30	0,10	25,91	21,78	20,98	80,02	74,91	73,29
	21,00	98,00	52,70	54,80	4,00	16,50	27,40	23,00	21,80	16,00	28,40	25,40	23,90	0,10	25,75	21,49	13,97	79,83	74,47	67,82
	22,00	98,00	51,90	55,50	60,20	16,40	27,30	22,60	21,60	15,70	28,30	25,10	23,60	0,10	25,61	21,13	20,34	79,65	73,98	72,30
	23,00	98,00	50,40	53,80	61,20	17,30	28,20	23,80	22,60	17,00	29,20	26,10	24,30	0,10	26,42	22,24	21,37	80,92	75,54	73,57
	0,00	87,80	48,80	51,60	60,20	19,20	28,50	24,40	24,30	19,10	29,50	26,30	25,80	0,10	26,64	22,73	23,02	81,30	76,05	75,89
	1,00	95,50	49,90	54,20	55,90	18,20	28,30	23,80	23,30	17,80	29,60	26,00	25,40	0,10	26,50	22,26	21,84	81,27	75,48	74,73
	2,00	98,00	50,00	55,10	59,00	17,40	27,50	23,00	22,60	16,80	28,80	25,20	24,50	0,10	25,71	21,51	21,28	80,10	74,34	73,65
	3,00	98,00	49,90	55,80	58,70	15,80	26,50	21,60	21,20	15,10	27,90	24,10	23,20	0,10	24,72	20,15	19,88	78,70	72,53	71,66
	4,00	98,00	50,70	56,50	60,30	15,30	25,30	21,00	20,50	14,90	26,90	23,20	22,30	0,10	23,57	19,59	19,25	77,12	71,45	70,53
	5,00	98,00	50,40	56,00	62,00	14,90	25,90	20,80	20,20	14,30	27,00	23,30	22,20	0,10	24,15	19,37	19,02	77,62	71,36	70,29
	6,00	98,00	50,50	56,70	61,10	14,50	25,30	20,30	19,50	13,80	26,40	22,70	21,50	0,10	23,56	18,90	18,29		70,57	69,24

A4.2. Médias horárias dia 25/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn					Tbu			ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
25/05/03	19,00	92,50	56,50	64,80	61,20	11,00	16,00	14,10	15,00	10,00	16,00	14,80	15,80	0,10	14,64	13,08	13,83	62,48	60,44	61,74
	20,00	98,00	51,00	51,60	55,30	9,80	20,50	16,40	15,60	8,90	21,10	18,50	17,50	0,10	18,84	14,81	14,19	69,35	64,46	63,26
	21,00	98,00	46,80	50,00	55,10	8,90	21,00	15,70	14,80	7,80	21,90	18,20	17,00	0,10	19,12	14,05	13,39	70,15	63,67	62,30
	22,00	98,00	45,80	50,20	56,00	8,10	20,30	15,00	14,00	7,14	21,60	17,60	16,20	0,10	18,38	13,37	12,63	69,37	62,72	61,15
	23,00	98,00	45,80	50,60	56,60	7,60	19,70	14,40	13,30	6,50	21,00	17,00	15,60	0,10	17,79	12,79	11,96	68,50	61,86	60,21
	0,00	98,00	45,50	51,30	57,60	6,70	19,30	13,80	12,70	5,80	20,50	16,30	14,90	0,10	17,38	12,23	11,41	67,82	60,93	59,29
	1,00	98,00	46,00	51,50	57,80	6,20	18,70	13,10	12,00	5,20	19,70	15,60	14,20	0,10	16,81	11,55	10,73	66,82	59,91	58,27
	2,00	98,00	46,50	52,20	58,20	5,90	17,80	12,40	11,60	5,10	18,90	14,90	13,80	0,10	15,95	10,89	10,34	65,59	58,90	57,69
	3,00	98,00	46,20	52,20	58,60	5,30	17,60	12,00	11,00	4,30	18,90	14,60	13,20	0,10	15,74	10,49	9,77	65,43	58,39	56,82
	4,00	98,00	46,50	52,40	58,50	4,80	17,20	11,50	10,30	3,70	18,40	14,10	12,70	0,10	15,36	10,00	9,07	64,78	57,66	55,94
	5,00	98,00	46,40	52,00	59,00	4,00	17,00	11,00	9,70	3,20	17,90	13,60	12,10	0,10	15,15	9,49	8,49	64,26	56,91	55,07
	6,00	98,00	47,90	54,70	61,30	4,00	16,30	9,70	8,90	3,00	16,30	12,40	11,10	0,10	14,54	8,32	7,79	62,63	55,16	53,81

A4.3. Médias horárias dia 26/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
26/05/03	19,00	93,50	40,70	44,00	48,40	10,90	23,20	17,90	17,30	9,80	24,20	20,40	19,50	0,10	20,95	15,92	15,55	73,19	66,67	65,74
	20,00	97,50	41,40	46,30	52,52	9,70	22,20	16,90	15,80	8,70	23,20	19,40	18,20	0,10	20,01	15,05	14,26	71,75	65,29	63,83
	21,00	98,00	42,30	48,60	52,20	9,00	21,70	16,10	14,90	8,30	22,60	18,80	17,20	0,10	19,57	14,38	13,36	70,99	64,35	62,42
	22,00	98,00	43,30	49,60	57,10	8,60	21,30	15,60	14,50	7,80	22,20	18,30	16,60	0,10	19,23	13,93	13,17	70,44	63,66	61,84
	23,00	98,00	43,20	50,60	58,20	8,30	21,00	15,20	13,80	7,40	21,90	17,90	16,20	0,10	18,93	13,58	12,53	70,00	63,10	61,07
	0,00	98,00	43,80	50,80	58,70	8,10	20,40	14,80	13,60	7,30	21,60	17,40	15,80	0,10	18,37	13,20	12,35	69,37	62,45	60,64
	1,00	98,00	44,40	52,30	59,70	7,80	20,10	14,30	13,20	6,90	21,20	17,00	15,40	0,10	18,11	12,77	11,99	68,88	61,84	60,08
	2,00	98,00	44,70	52,80	60,10	7,40	19,80	14,20	12,80	6,60	20,90	16,60	15,00	0,10	17,83	12,69	11,61	68,45	61,49	59,51
	3,00	98,00	45,10	52,90	60,30	7,40	19,20	13,70	12,60	6,70	20,40	16,10	14,90	0,10	17,26	12,20	11,42	67,66	60,76	59,29
	4,00	98,00	45,40	53,10	60,30	7,00	19,50	13,50	12,30	6,10	20,50	16,20	14,60	0,10	17,57	12,01	11,12	67,97	60,69	58,85
	5,00	98,00	45,20	52,50	60,70	8,00	20,20	14,80	13,20	7,70	21,30	17,30	15,20	0,10	18,25	13,27	12,03	69,06	62,43	59,97
	6,00	98,00	44,20	51,20	59,80	8,60	21,00	15,20	13,90	8,20	22,10	17,90	16,20	0,10	18,98	13,61	12,69	70,19	63,12	61,19

A4.4. Médias horárias dia 27/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
27/05/03	19,00	98,00	44,30	49,90	58,00	14,10	25,40	20,60	19,00	13,10	26,60	23,10	21,10	0,10	23,33	18,89	17,67	76,72	70,86	68,48
	20,00	98,00	44,30	50,20	71,40	13,10	24,60	19,60	15,80	12,20	25,90	22,00	16,30	0,10	22,54	17,91	14,99	75,62	69,32	62,97
	21,00	98,00	44,40	51,60	76,80	12,20	24,20	18,80	14,30	11,40	25,20	21,10	14,30	0,10	22,15	17,19	13,67	74,81	68,13	60,52
	22,00	98,00	44,40	51,60	78,40	11,50	23,70	18,20	13,10	13,60	24,80	20,80	13,10	0,10	21,66	16,60	12,53	74,15	67,47	58,78
	23,00	98,00	44,30	51,60	80,30	11,10	23,60	17,90	12,50	13,30	24,60	20,50	12,50	0,10	21,55	16,30	11,99	73,93	67,03	57,94
	0,00	98,00	44,30	51,30	81,80	10,70	23,40	17,60	12,00	13,00	24,30	20,30	12,00	0,10	21,36	15,99	11,53	73,56	66,65	57,24
	1,00	98,00	44,20	51,50	83,00	10,80	23,40	17,60	11,90	10,20	24,40	20,20	11,80	0,10	21,35	16,00	11,47	73,63	66,58	57,04
	2,00	98,00	43,90	51,60	94,10	10,80	23,40	17,60	11,80	10,20	24,40	20,10	11,80	0,10	21,33	16,00	11,66	73,62	66,51	57,18
	3,00	98,00	43,70	51,50	84,80	10,80	23,40	17,50	11,90	10,20	24,50	20,20	11,80	0,10	21,32	15,90	11,52	73,69	66,51	57,08
	4,00	98,00	43,80	51,70	85,60	10,60	23,20	17,10	11,60	9,90	24,30	20,00	11,60	0,10	21,13	15,51	11,24	73,40	66,08	56,73
	5,00	98,00	43,80	52,80	85,90	10,50	23,00	17,10	11,40	10,00	24,40	20,00	11,40	0,10	20,93	15,56	11,05	73,33	66,11	56,44
	6,00	98,00	44,30	52,10	86,00	10,80	23,10	17,60	11,60	10,30	24,40	20,20	11,50	0,10	21,06	16,03	11,25	73,42	66,60	56,66

A4.5. Médias horárias dia 28/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
28/05/03	19,00	98,00	46,20	54,10	65,10	16,30	26,80	22,50	20,90	15,90	27,90	24,70	22,20	0,10	24,82	20,97	19,84	78,77	73,57	70,89
	20,00	98,00	44,80	54,50	61,60	16,20	27,40	22,20	21,30	15,60	28,50	24,80	23,20	0,10	25,33	20,69	20,10	79,59	73,44	71,82
	21,00	98,00	44,30	55,40	61,70	15,30	26,90	21,60	20,70	14,90	28,10	24,10	22,80	0,10	24,81	20,13	19,51	78,91	72,51	71,09
	22,00	98,00	44,70	55,10	62,00	14,60	26,10	21,00	20,00	13,90	27,40	23,50	21,90	0,10	24,04	19,53	18,82	77,83	71,62	69,92
	23,00	98,00	44,40	55,20	62,20	14,40	25,90	20,70	19,50	13,70	27,00	23,10	21,50	0,10	23,83	19,23	18,34	77,38	71,11	69,27
	0,00	98,00	43,90	55,00	62,10	14,30	26,20	20,90	19,30	13,70	27,20	23,20	21,50	0,10	24,10	19,42	18,13	77,72	71,32	69,12
	1,00	98,00	43,40	54,60	61,60	14,10	26,10	20,70	19,30	13,60	27,40	23,30	21,60	0,10	23,97	19,21	18,11	77,78	71,24	69,18
	2,00	98,00	43,30	54,10	61,20	13,80	26,10	20,50	19,00	13,10	27,10	23,10	21,30	0,10	23,96	18,99	17,80	77,55	70,93	68,73
	3,00	98,00	42,90	54,20	61,40	13,20	25,50	19,70	18,40	12,50	26,60	22,40	20,70	0,10	23,35	18,20	17,21	76,73	69,83	67,85
	4,00	98,00	43,30	55,30	61,80	12,60	24,90	18,90	17,60	11,70	25,80	21,50	20,00	0,10	22,78	17,46	16,44	75,72	68,62	66,76
	5,00	98,00	44,30	55,40	62,80	13,60	25,60	20,40	18,80	13,50	26,60	22,70	20,80	0,10	23,53	18,95	17,67	76,86	70,60	68,26
	6,00	98,00	44,70	56,00	62,90	15,10	26,40	21,20	20,30	14,90	27,70	23,50	22,20	0,10	24,34	19,76	19,16	78,27	71,80	70,39

A4.6. Médias horárias dia 29/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
29/05/03	19,00	98,00	48,20	56,50	60,70	15,20	25,80	21,10	20,60	14,50	26,90	23,40	22,50	0,10	23,94	19,69	19,37	77,39	71,67	70,77
	20,00	98,00	46,90	56,80	61,30	14,50	25,30	20,30	19,70	13,70	26,50	22,70	21,60	0,10	23,37	18,91	18,50	76,68	70,58	69,46
	21,00	98,00	46,80	56,80	61,70	13,90	25,10	19,70	18,90	13,00	25,90	22,10	21,00	0,10	23,17	18,31	17,72	76,08	69,69	68,45
	22,00	98,00	46,20	56,70	62,70	13,20	24,90	19,40	18,30	12,50	25,80	21,70	20,50	0,10	22,94	18,01	17,17	75,84	69,18	67,67
	23,00	98,00	45,50	56,50	61,70	13,10	24,70	19,10	18,40	12,58	25,60	21,70	20,30	0,10	22,71	17,71	17,23	75,52	68,95	67,56
	0,00	98,00	45,90	56,80	62,40	13,20	24,80	19,30	18,50	12,50	25,80	21,80	20,40	0,10	22,83	17,92	17,35	75,75	69,18	67,73
	1,00	98,00	45,70	57,60	62,90	13,40	24,60	19,20	18,50	12,50	25,60	21,60	20,40	0,10	22,62	17,85	17,37	75,45	68,98	67,74
	2,00	98,00	48,60	60,20	65,20	14,60	24,50	19,90	19,60	14,20	25,80	21,90	21,10	0,10	22,67	18,65	18,55	75,64	69,80	69,13
	3,00	98,00	48,80	60,00	63,30	15,30	25,50	20,30	20,00	14,60	26,30	22,20	21,70	0,10	23,67	19,04	18,88	76,75	70,31	69,81
	4,00	98,00	45,90	57,00	61,60	13,70	25,30	19,60	18,90	12,80	26,40	22,00	21,00	0,10	23,32	18,22	17,72	76,56	69,55	68,44
	5,00	98,00	45,90	58,50	63,50	13,70	25,00	19,40	18,50	13,20	26,00	21,80	20,70	0,10	23,02	18,09	17,39	76,05	69,31	67,98
	6,00	98,00	46,00	57,30	63,70	14,70	26,40	21,00	19,60	14,30	27,40	23,30	21,60	0,10	24,41	19,62	18,49	78,10	71,55	69,46

A4.7. Médias horárias dia 30/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
30/05/03	19,00	98,00	48,60	55,40	58,90	15,00	25,90	21,20	20,60	14,20	26,60	23,50	22,60	0,10	24,06	19,74	19,29	77,25	71,78	70,79
	20,00	98,00	46,70	55,40	59,70	14,20	25,20	20,30	19,60	13,30	26,10	22,80	21,70	0,10	23,27	18,85	18,34	76,30	70,60	69,42
	21,00	98,00	46,20	55,70	60,70	13,70	24,70	19,60	18,80	12,60	25,80	22,10	20,90	0,10	22,74	18,17	17,58	75,69	69,59	68,27
	22,00	98,00	46,00	55,90	61,30	12,80	24,10	18,80	17,90	11,90	25,30	21,40	20,00	0,10	22,14	17,38	16,71	74,88	68,49	66,96
	23,00	98,00	45,70	55,60	61,60	12,10	23,60	18,40	17,30	11,20	24,60	20,80	19,40	0,10	21,63	16,97	16,13	73,99	67,75	66,09
	0,00	98,00	46,00	56,20	62,00	11,70	23,10	18,00	17,00	11,10	24,10	20,60	19,00	0,10	21,15	16,60	15,85	73,27	67,33	65,59
	1,00	98,00	45,80	55,10	61,10	12,00	23,50	18,40	17,20	11,20	24,80	20,70	19,40	0,10	21,54	16,95	16,01	74,07	67,66	66,00
	2,00	98,00	44,80	54,70	61,20	11,00	23,20	17,60	16,60	10,40	24,40	20,50	18,90	0,10	21,19	16,14	15,42	73,51	66,91	65,20
	3,00	98,00	45,70	55,60	62,50	11,60	23,40	18,40	16,60	11,30	24,40	20,80	18,70	0,10	21,43	16,97	15,47	73,69	67,75	65,09
	4,00	98,00	45,50	55,00	62,00	13,20	24,50	19,50	18,20	13,00	26,00	22,10	20,40	0,10	22,51	18,04	17,04	75,67	69,49	67,50
	5,00	98,00	44,20	55,10	61,60	13,90	25,80	20,40	18,90	13,80	27,00	23,10	21,20	0,10	23,72	18,93	17,72	77,30	70,89	68,59
	6,00	98,00	44,30	54,30	61,60	14,40	26,00	21,00	19,50	14,30	27,30	23,40	21,70	0,10	23,92	19,49	18,31	77,67	71,52	69,40

A4.8. Médias horárias dia 31/05/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
31/05/03	19,00	98,00	44,70	53,90	56,60	13,90	24,60	20,10	19,60	13,10	25,60	22,30	21,70	0,10	22,56	18,58	18,21	75,41	70,04	69,32
	20,00	98,00	43,10	53,40	57,80	13,10	24,80	19,50	18,80	12,30	25,80	22,00	21,00	0,10	22,67	17,96	17,46	75,64	69,36	68,26
	21,00	98,00	43,10	54,20	58,90	12,40	24,30	18,90	18,00	11,80	25,40	21,40	20,30	0,10	22,18	17,41	16,72	74,98	68,51	67,19
	22,00	98,00	42,90	54,10	59,40	11,80	23,70	18,50	17,30	11,00	24,80	20,90	19,50	0,10	21,57	17,01	16,04	74,09	67,84	66,10
	23,00	98,00	43,10	55,20	60,20	11,50	23,30	17,80	16,80	10,70	24,30	20,20	19,10	0,10	21,19	16,36	15,58	73,44	66,85	65,46
	0,00	98,00	43,40	54,80	60,20	11,00	22,80	17,20	16,10	9,90	23,70	19,60	18,50	0,10	20,71	15,75	14,89	72,65	65,96	64,51
	1,00	98,00	43,40	55,00	60,60	10,50	22,60	16,90	15,60	9,60	23,40	19,40	18,00	0,10	20,52	15,46	14,41	72,28	65,60	63,79
	2,00	98,00	43,60	55,00	60,60	10,00	22,00	16,40	15,20	9,20	23,00	18,90	17,60	0,10	19,94	14,97	14,01	71,56	64,86	63,20
	3,00	98,00	43,70	55,20	61,10	9,40	21,40	15,80	14,60	8,60	22,50	18,40	17,00	0,10	19,35	14,38	13,43	70,75	64,06	62,33
	4,00	98,00	44,30	55,80	61,20	9,40	21,00	15,60	14,40	8,50	22,10	18,00	16,70	0,20	18,99	14,21	13,24	70,19	63,64	61,97
	5,00	98,00	44,10	55,80	61,40	9,00	21,00	15,40	14,30	8,20	22,10	17,90	16,40	0,20	18,98	14,01	13,15	70,19	63,42	61,68
	6,00	98,00	44,20	55,10	61,10	8,90	21,20	15,60	14,40	8,20	22,10	18,00	16,40	0,10	19,18	14,18	13,23	70,33	63,62	61,74

A4.9. Médias horárias dia 01/06/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
01/06/03	19,00	98,00	39,10	51,20	54,60	12,90	25,00	19,60	18,70	11,90	26,00	21,90	21,10	0,10	22,62	17,96	17,23	75,75	69,29	68,15
	20,00	98,00	40,80	53,40	57,30	12,10	24,00	18,50	17,60	11,10	25,00	21,00	19,90	0,10	21,74	16,97	16,25	74,36	67,89	66,55
	21,00	98,00	41,30	53,40	57,80	11,20	23,30	17,70	16,70	10,20	24,10	20,20	18,90	0,10	21,08	16,18	15,38	73,21	66,72	65,17
	22,00	98,00	41,70	53,90	68,30	10,70	22,60	17,00	15,80	9,70	23,40	19,50	18,10	0,10	20,42	15,51	14,89	72,21	65,71	64,22
	23,00	98,00	42,60	54,70	59,40	10,20	21,70	16,30	15,30	9,20	22,70	18,90	17,60	0,10	19,58	14,86	14,06	71,07	64,78	63,24
	0,00	98,00	43,10	54,70	59,30	9,70	21,40	16,00	15,00	8,80	22,50	18,50	17,10	0,10	19,32	14,56	13,76	70,73	64,27	62,64
	1,00	98,00	42,70	54,40	59,00	9,20	21,20	15,60	14,60	8,00	22,20	18,20	16,70	0,10	19,10	14,15	13,35	70,35	63,74	62,05
	2,00	98,00	42,90	54,60	59,40	8,40	20,50	15,00	14,00	7,50	21,50	17,50	16,30	0,10	18,42	13,56	12,77	69,33	62,80	61,33
	3,00	98,00	42,80	54,20	59,40	8,00	20,10	14,70	13,30	6,80	21,10	17,00	15,50	0,10	18,02	13,25	12,08	68,74	62,19	60,22
	4,00	98,00	43,30	55,40	60,30	7,60	19,80	14,20	12,90	6,70	20,80	16,60	15,20	0,20	17,75	12,81	11,72	68,32	61,57	59,73
	5,00	98,00	43,40	55,70	60,40	7,60	19,70	14,10	12,90	6,90	20,60	16,60	15,20	0,20	17,66	12,72	11,72	68,10	61,51	59,74
	6,00	98,00	43,30	55,40	60,60	7,50	19,60	14,10	12,90	6,80	20,60	16,60	15,10	0,10	17,55	12,71	11,73	68,03	61,50	59,67

A4.10. Médias horárias dia 02/06/2003

Data	Hora	UR				Tbs				Tgn				Tbu				ITGU		
		Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer	Externo	LWC	Fcim	Cer		LWC	Fcim	Cer	LWC	Fcim	Cer
02/06/03	19,00	98,00	43,20	51,60	56,40	14,60	25,10	20,80	20,10	14,10	26,10	23,00	22,10	0,10	22,97	19,17	18,69	76,08	70,99	69,97
	20,00	98,00	42,20	51,70	57,20	14,30	25,50	20,60	19,70	13,70	26,50	23,00	21,90	0,10	23,31	18,97	18,33	76,62	70,85	69,56
	21,00	98,00	42,40	52,40	58,30	14,10	25,30	20,30	19,30	13,40	26,30	22,90	21,50	0,10	23,12	18,71	17,98	76,34	70,58	69,01
	22,00	98,00	42,30	53,30	59,60	13,90	25,70	20,50	19,10	13,30	26,40	22,90	21,30	0,10	23,51	18,95	17,84	76,70	70,75	68,75
	23,00	98,00	42,30	53,60	59,60	13,80	25,60	20,20	18,80	13,00	26,20	22,60	21,00	0,10	23,41	18,67	17,54	76,48	70,32	68,31
	0,00	98,00	42,80	54,10	59,90	13,90	25,50	20,20	18,90	13,30	26,30	22,50	21,10	0,10	23,34	18,69	17,65	76,50	70,27	68,47
	1,00	98,00	42,60	53,60	59,90	13,70	25,60	20,00	18,70	12,90	26,30	22,30	21,00	0,10	23,43	18,47	17,45	76,57	69,96	68,25
	2,00	98,00	42,90	54,60	60,70	13,80	25,60	19,90	18,80	13,20	26,30	22,40	21,00	0,10	23,45	18,41	17,58	76,58	69,99	68,34
	3,00	98,00	42,90	55,00	60,30	13,20	24,80	19,10	18,20	12,40	25,70	21,40	20,50	0,10	22,66	17,64	16,97	75,56	68,68	67,52
	4,00	98,00	43,80	55,10	61,20	13,20	24,80	19,30	18,00	12,60	25,70	21,80	20,20	0,10	22,71	17,84	16,81	75,59	69,13	67,18
	5,00	98,00	43,40	54,80	60,80	13,00	24,60	19,00	18,10	12,40	25,60	21,50	20,20	0,10	22,49	17,53	16,89	75,36	68,68	67,24
	6,00	98,00	43,90	56,20	61,30	12,90	24,40	18,70	17,50	12,40	25,20	21,20	19,90	0,10	22,32	17,30	16,32	74,94	68,28	66,60

APÊNDICE 5

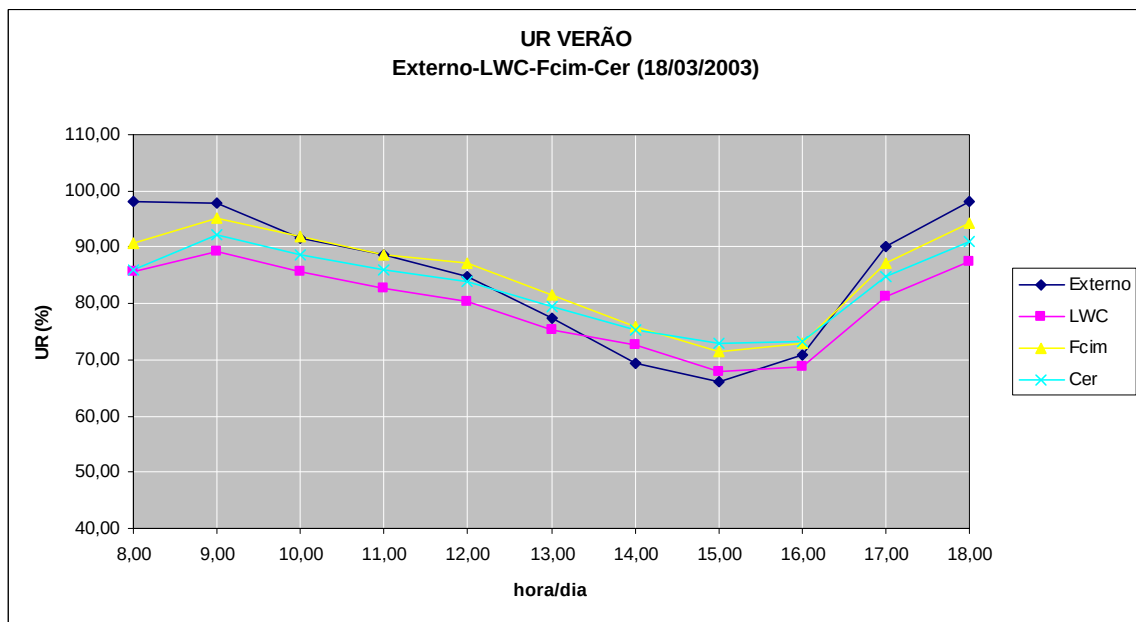
Desempenho dos tratamentos para um dia típico de projeto.

Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto aos índices Tgn e ITGU, no horário crítico de projeto.

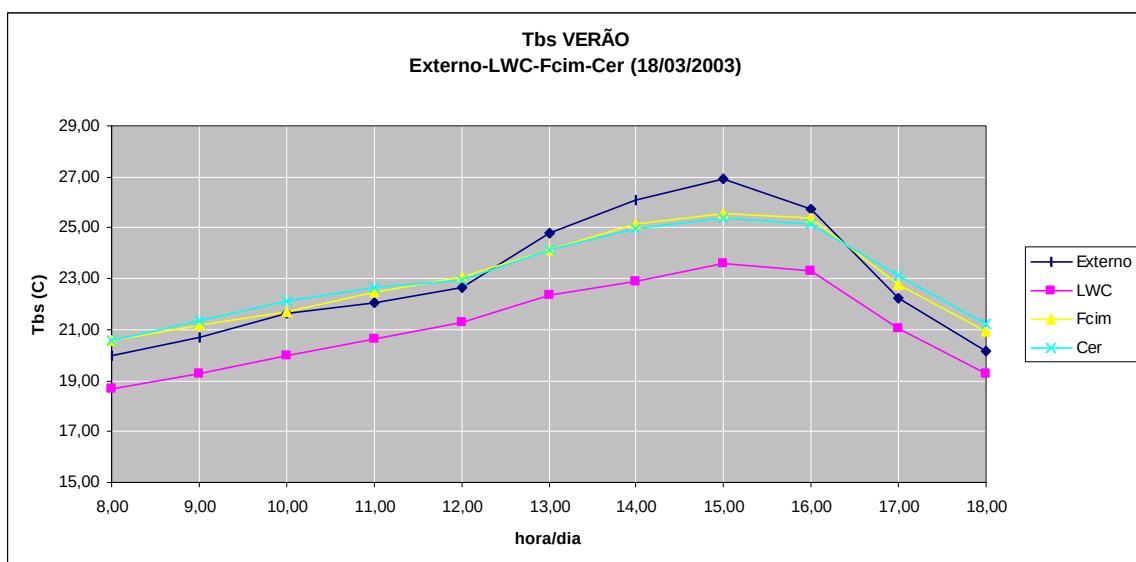
Médias horárias Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Velocidade do Ar (Var), Índice Térmico Temperatura e Umidade (ITGU) e Carga Térmica de Radiação (CTR).

Condições de VERÃO

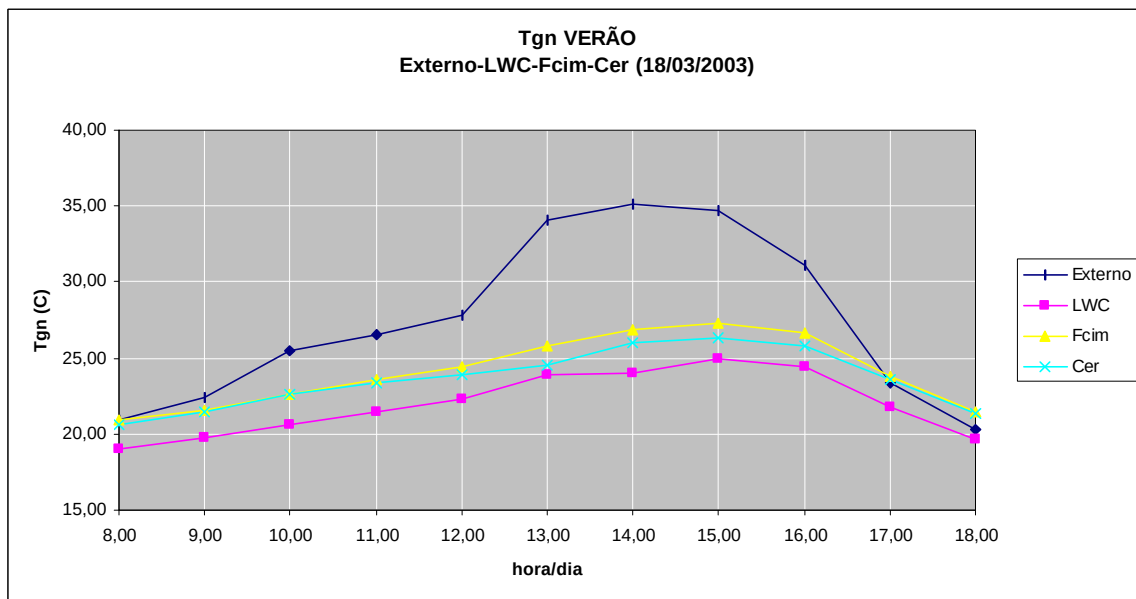
A5.1. Umidade relativa para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de VERÃO, comparativamente ao Ambiente Externo.



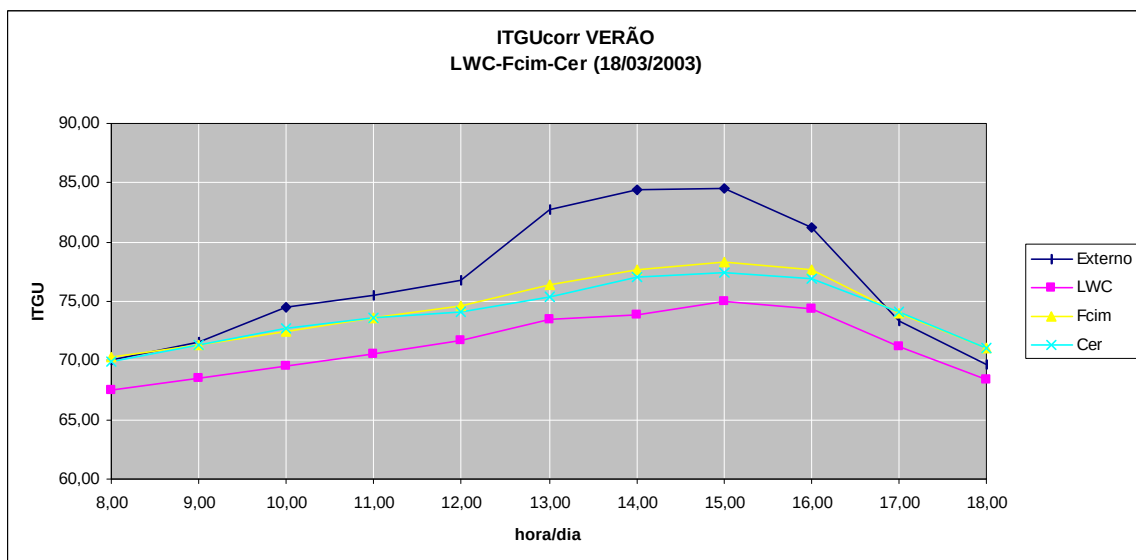
A5.2. Temperatura de bulbo seco para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de VERÃO, comparativamente ao Ambiente Externo.



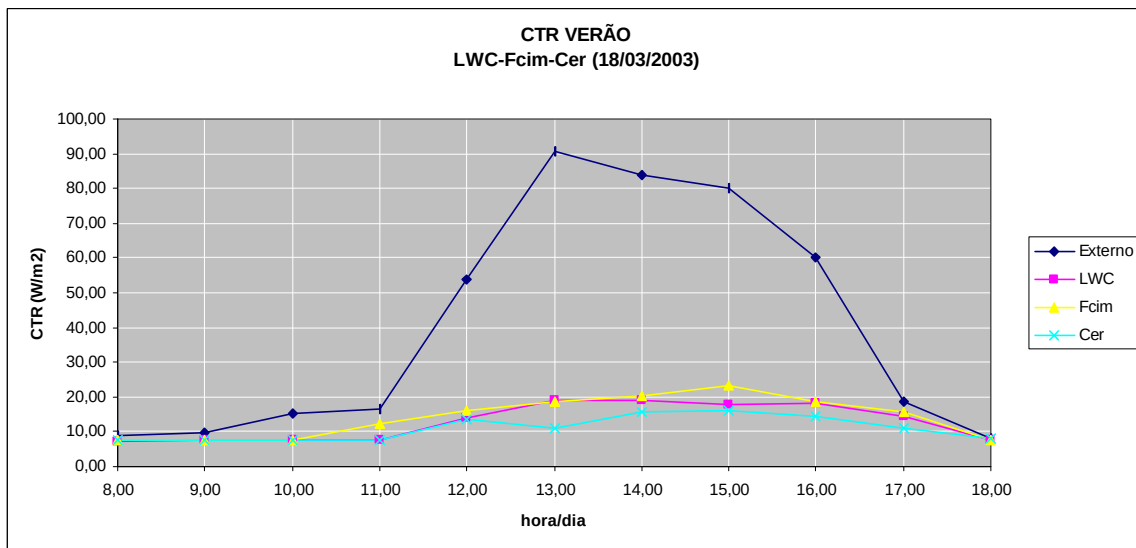
A5.3. Temperatura de globo negro seco para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de VERÃO, comparativamente ao Ambiente Externo.



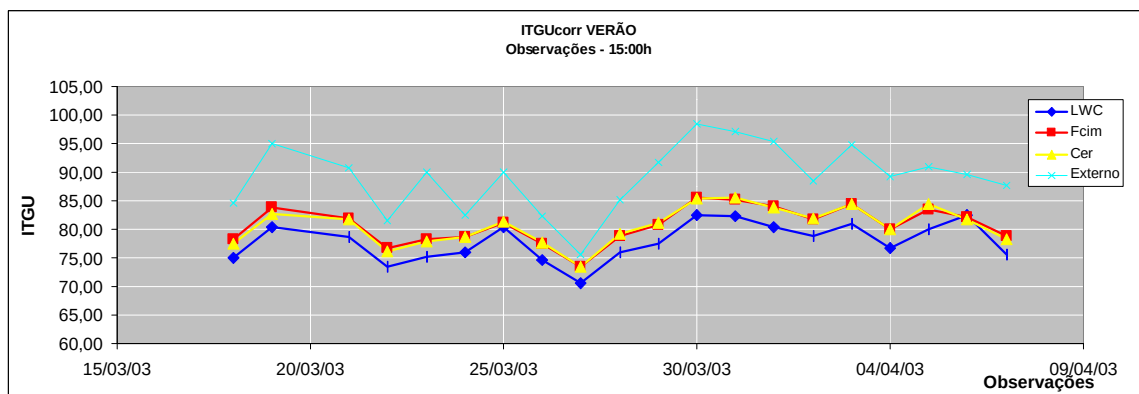
A5.4. Índice temperatura de globo negro e umidade para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de VERÃO, comparativamente ao Ambiente Externo.



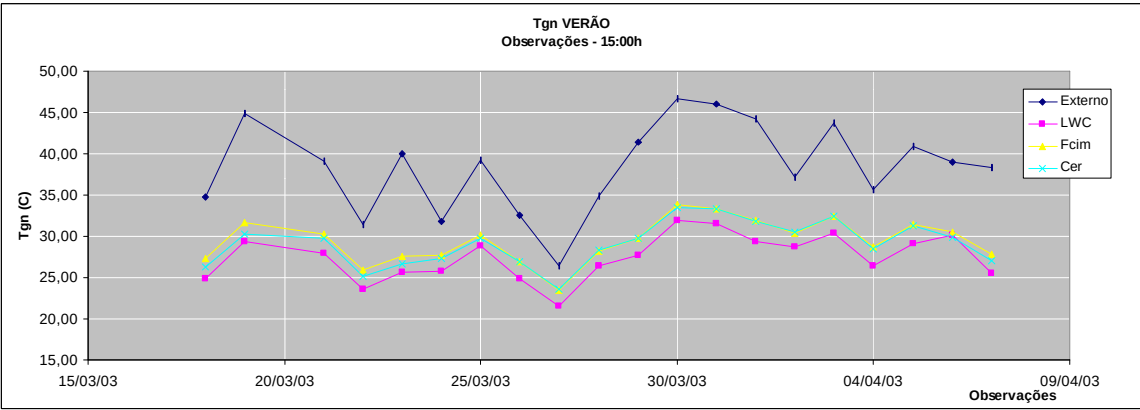
A5.5. Carga térmica de radiação para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de VERÃO, comparativamente ao Ambiente Externo.



A5.6. Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto ao índice ITGU, no horário crítico de projeto.



A5.7. Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto à temperatura de globo negro Tgn, no horário crítico de projeto.



APÊNDICE 6

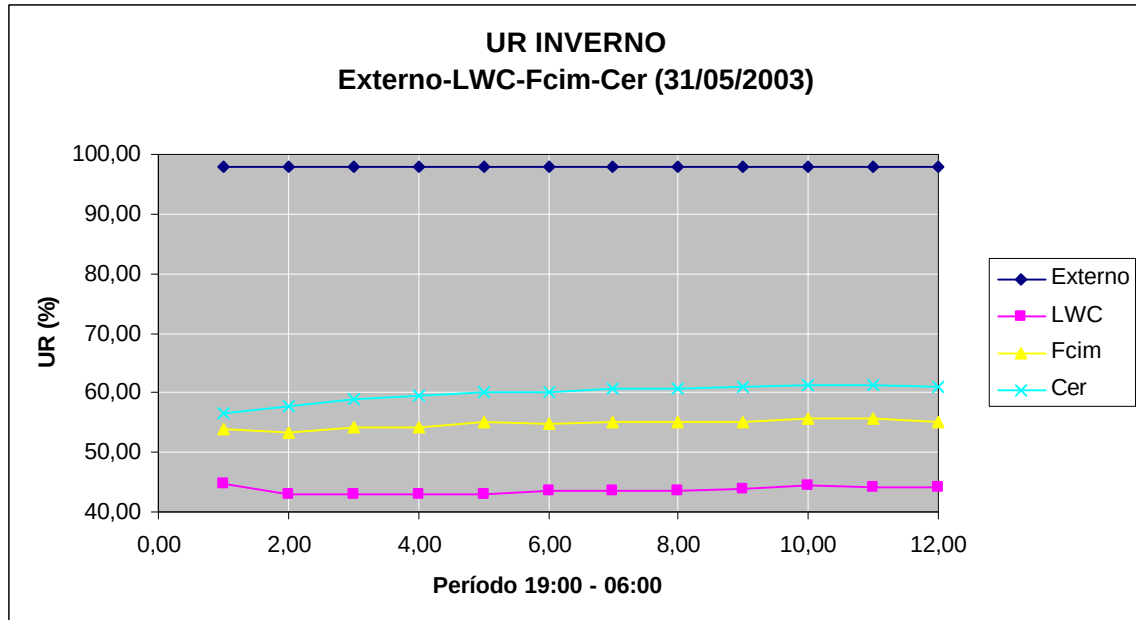
Desempenho dos tratamentos para um dia típico de projeto.

Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto aos índices Tgn e ITGU, no horário crítico de projeto.

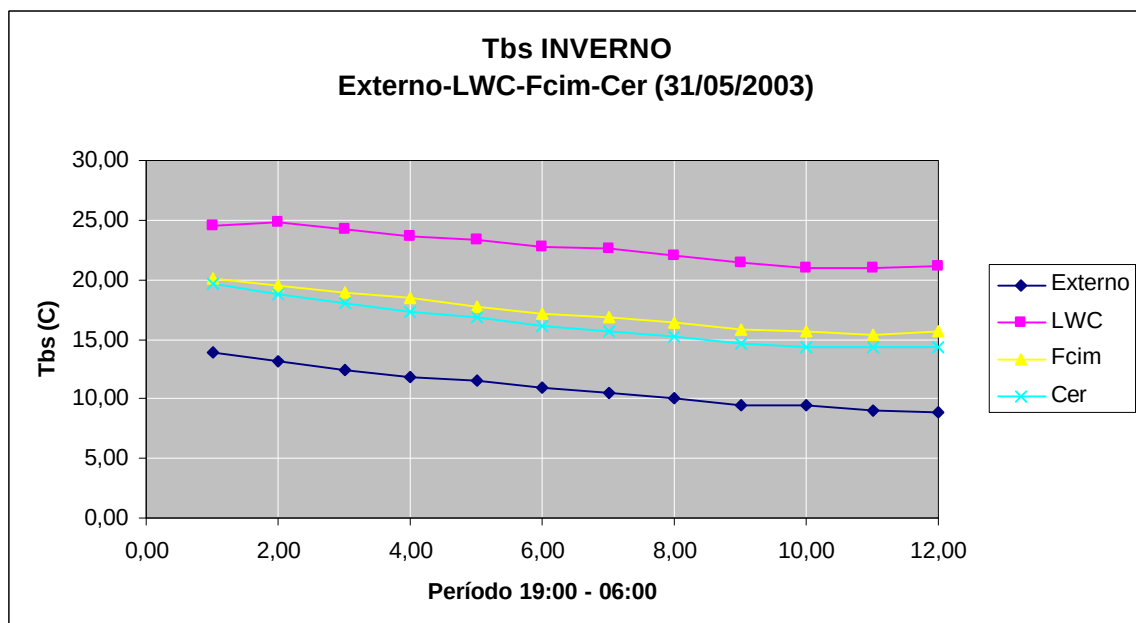
Médias horárias Umidade Relativa (UR), Temperatura de Bulbo Seco (Tbs), Temperatura de Globo Negro (Tgn), Índice Térmico de Temperatura e Umidade (ITGU).

Condições de INVERNO

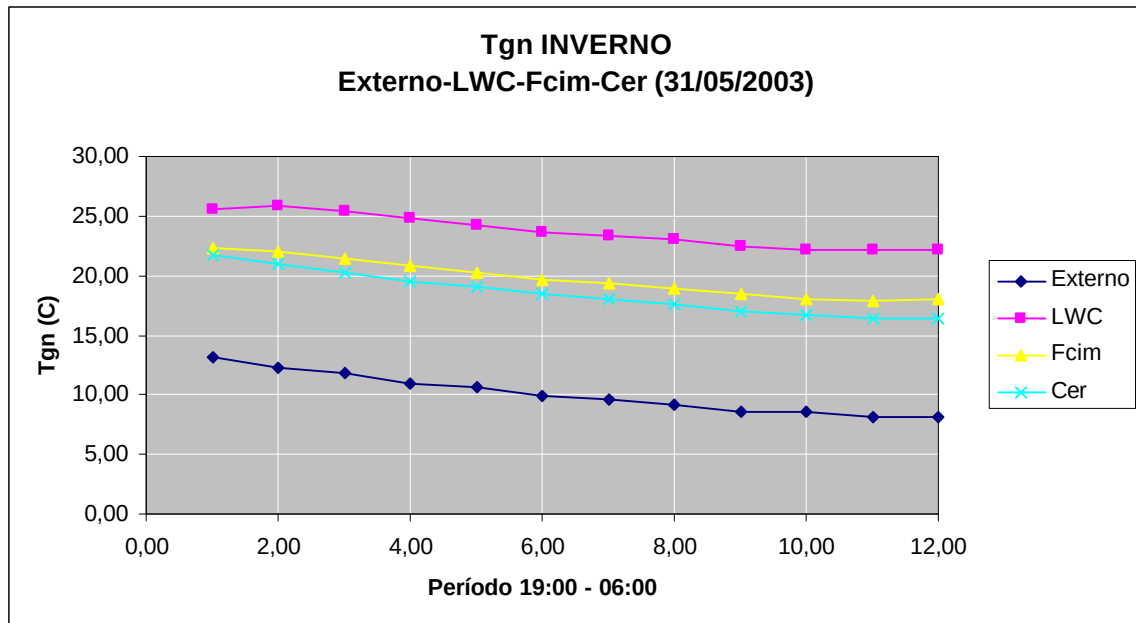
A6.1. Umidade relativa para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de INVERNO, comparativamente ao Ambiente Externo.



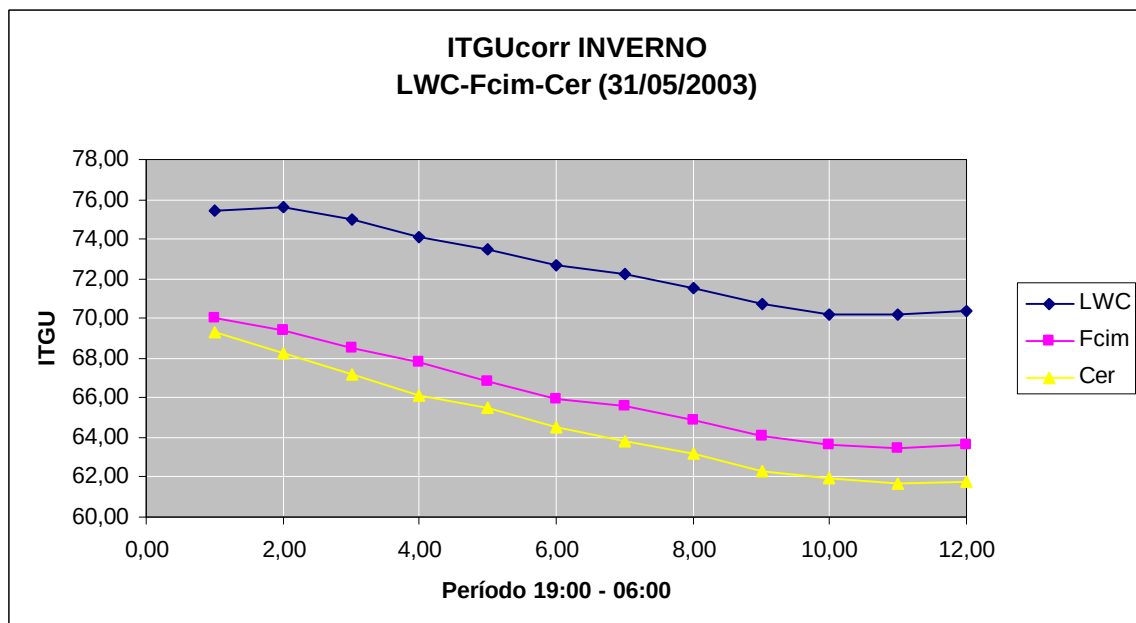
A6.2. Temperatura de Bulbo Seco para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de INVERNO, comparativamente ao Ambiente Externo.



A6.3. Temperatura de Globo Negro para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de INVERNO, comparativamente ao Ambiente Externo.



A6.4. Índice de Temperatura de Globo Negro (ITGU) para os tratamentos LWC, Fcim e Cer para um dia típico de projeto sob condições de INVERNO.



A6.5. Desempenho dos tratamentos para o período de observações experimentais quanto ao Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU).

