

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO  
DA CINZA DE CASCA DE ARROZ COMO MATERIAL POZOLÂNICO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA  
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRÁU DE MESTRE EM ENGENHARIA

Luís Otávio Guedert



01742129

Florianópolis, outubro de 1989



ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO  
APROVEITAMENTO DA CINZA DE CASCA DE ARROZ COMO  
MATERIAL POZOLÂNICO.

Luis Otávio Guedert

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Bruno Hartmut Kopittke, Dr.  
Orientador

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.  
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Bruno Hartmut Kopittke, Dr.  
Presidente

Prof. Luiz Fernando Mahlmann Heineck, Ph.D.

Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.

Prof. Luiz Roberto Prudêncio Jr., M. Eng.

Aos meus pais,  
Otávio e Alceste.

A minha esposa,  
Eleonora.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Professor Bruno Hartmut Kopittke, pela orientação;
- Ao Professor Luiz Roberto Prudêncio Jr. e ao Eng. Nei Benito Damo, pelo incentivo e pelo auxílio durante a realização do programa experimental;
- A CAPES pelo apoio financeiro;
- Aos colegas e laboratoristas do LSAD, pelo apoio;
- Aos funcionários do Laboratório de Materiais de Construção Civil e do Laboratório de Ciência dos Materiais, pela ajuda;
- Aos demais professores, colegas e funcionários do EPS e do ECV que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Nas indústrias de beneficiamento de arroz do sul do Estado de Santa Catarina, assim como nas das demais regiões produtoras, queima-se a casca de arroz, em substituição à lenha, para a geração do calor necessário ao processo de secagem dos grãos. Desta queima resultam cinzas que, normalmente, são lançadas nos rios, provocando a poluição dos mananciais de água das cidades.

Esta dissertação analisa técnica e economicamente o aproveitamento desta cinza como pozolana .

Desenvolveu-se um programa experimental em que se buscou a caracterização desta cinza como material pozolânico e a avaliação de seu desempenho. Os testes determinaram, através da resistência à compressão de corpos de prova de argamassas, quais os efeitos da mistura de diversos teores desta cinza com o cimento Portland. Estudou-se também a formulação de cimentos hidráulicos alternativos tipo cal/cinza e cimento Portland/cal/cinza.

Os dados gerados estão relatados em forma de gráficos e tabelas.

Apresenta-se também o estudo de viabilidade econômica da implantação de pequenas indústrias para o refino da cinza de casca de arroz.

## ABSTRACT

In rice producing regions rice husk is burned instead of wood to dry grains. This happens in the south of the State of Santa Catarina and the ashes are usually discarded in rivers causing severe pollution.

This dissertation is a technical and economical analysis of the use of rice husk ash as a pozzolana material.

An experimental investigation was carried out in order to assess the rice husk ash characteristics and performance as a pozzolana material.

The compressive strength of mortars with many different ratios of ash/portland cement was tested. Tests were also done with alternative hidraulic cements made of lime/ash and portland/lime/ash.

An economic feasibility study about the set up of small factories to mill rice husk ash is also presented.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I - Introdução.....	1
1.1 Motivação para a realização do trabalho.....	8
1.2 O objetivo do trabalho.....	9
CAPÍTULO II - Metodologia.....	10
2.1 Estrutura básica da pesquisa.....	10
2.2 O desenvolvimento da metodologia.....	12
2.3 A dissertação.....	16
2.4 Limitações da pesquisa.....	17
CAPÍTULO III - Revisão Bibliográfica.....	19
3.1 Pozolanas.....	19
3.2 Origem da utilização das pozolanas.....	20
3.3 Razões para a utilização das pozolanas em adição ao cimento portland.....	21
3.4 A cinza de casca de arroz.....	31
CAPÍTULO IV - Programa Experimental.....	39
4.1 Caracterização da cinza de casca de arroz.....	40
4.2 Estudo da proporção cimento/cinza de casca de arroz.....	54
4.3 Estudo da proporção cal/cinza.....	68
4.4 Estudo da proporção cimento/cal/cinza.....	75
4.5 Efeito da cura térmica.....	81

CAPÍTULO V - Estudo da Viabilidade Econômica.....	86
5.1 Investimentos.....	93
5.2 Custos fixos.....	100
5.3 Custos variáveis.....	103
5.4 Receitas.....	107
5.5 Financiamento.....	108
5.6 Análise do investimento.....	109
5.7 Análise de sensibilidade das taxas internas de retorno em função do preço de venda.....	111
 CAPÍTULO VI - Conclusões e Recomendações.....	113
6.1 Conclusões.....	113
6.2 Recomendações para futuros trabalhos.....	115
 CAPÍTULO VII - Bibliografia.....	117
 ANEXO 1 - Planilhas de cálculo.....	125
 ANEXO 2 - Tabelas de composição de custos das obras civis.....	137
 ANEXO 3 - Conteúdo das células da planilha eletrônica utilizada na análise do investimento.....	142



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fornalhas.....	2
FIGURA 2 - Queimadores tipo grelha.....	3
FIGURA 3 - Detalhe da queima da casca de arroz.....	3
FIGURA 4 - Coleta da cinza.....	4
FIGURA 5 - Canais de despejo.....	4
FIGURA 6 - Lançamento de cinza no rio em Meleiro-SC..	5
FIGURA 7 - Visão geral do sistema de tratamento.....	5
FIGURA 8 - Silo separador de cinza.....	6
FIGURA 9 - Decantador.....	6
FIGURA 10 - Detalhe do decantador.....	7

FIGURA 11 - Aspecto do efluente do sistema de tratamento.....	7
FIGURA 12 - Estrutura básica da pesquisa.....	11
FIGURA 13A - Estrutura da pesquisa.....	13
FIGURA 13B - Estrutura da pesquisa (continuação).....	14
FIGURA 13C - Estrutura da pesquisa (continuação).....	15
FIGURA 14 - Processo de fabricação do cimento portland.....	28
FIGURA 15 - Condições estabelecidas no estudo cimento/cinza.....	57
FIGURA 16 - Condições estabelecidas no estudo cal/cinza.....	70
FIGURA 17 - Integração dos estudos cimento/cinza e cal/cinza.....	76
FIGURA 18 - Condições estabelecidas no estudo cimento/cal/cinza.....	78

FIGURA 19 - Condições estabelecidas no estudo do efeito da cura térmica.....	83
FIGURA 20 - Posicionamento das tabelas na planilha...	87
FIGURA 21 - Localização das usinas de beneficiamento de arroz em Turvo-SC.....	89
FIGURA 22 - Localização provável da indústria de beneficiamento da cinza.....	90
FIGURA 23 - Planta baixa do galpão.....	91
FIGURA 24 - Planta baixa do escritório.....	92

## LISTA DE GRAFICOS

- GRAFICO 1 - Área específica em função do tempo  
de moagem.....49
- GRAFICO 2 - Pozolanicidade em função da área  
específica.....52
- GRAFICO 3 - Resistência à compressão - cimento  
portland/RHA-2.....60
- GRAFICO 4 - Variação da resistência à compressão  
em relação ao padrão - cimento  
portland/RHA-2.....60
- GRAFICO 5 - Resistência à compressão - cimento  
portland/RHA-8.....61
- GRAFICO 6 - Variação da resistência à compressão  
em relação ao padrão - cimento  
portland/RHA-8.....61

GRAFICO 7 - Resistência à compressão - cimento ARI/RHA-2.....	62
GRAFICO 8 - Variação da resistência à compressão em relação ao padrão - cimento ARI/RHA-2.....	62
GRAFICO 9 - Resistência à compressão - cimento ARI/RHA-8.....	63
GRAFICO 10 - Variação da resistência à compressão em relação ao padrão - cimento ARI/RHA-8.....	63
GRAFICO 11 - Comparação entre portland/RHA-2 e portland/RHA-8 aos 7 dias.....	64
GRAFICO 12 - Comparação entre portland/RHA-2 e portland/RHA-8 aos 28 dias.....	64
GRAFICO 13 - Comparação entre portland/RHA-2 e portland/RHA-8 aos 60 dias.....	65
GRAFICO 14 - Resistência à compressão - cal/RHA-2....	72
GRAFICO 15 - Resistência à compressão - cal/RHA-8....	72

GRAFICO 16 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 7 dias.....	73
GRAFICO 17 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 28 dias.....	73
GRAFICO 18 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 60 dias.....	74
GRAFICO 19 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 90 dias.....	74
GRAFICO 20 - Resistência à compressão - cimento/cal/RHA-2.....	79
GRAFICO 21 - Resistência à compressão - cimento/cal/RHA-8.....	80
GRAFICO 22 - Resistência à compressão - cura térmica.....	84

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Componentes anidros do cimento portland..	22
TABELA 2 - Produção potencial de cinza de casca de arroz.....	33
TABELA 3 - Composição química da cinza de casca de arroz segundo diversos autores.....	34
TABELA 4 - Determinação da massa específica.....	42
TABELA 5 - Massa unitária em estado solto.....	43
TABELA 6 - Massa unitária em estado compactado.....	45
TABELA 7 - Composição química da cinza de casca de arroz.....	50
TABELA 8 - Composição química dos cimentos utilizados.....	55

TABELA 9 - Composição provável dos cimentos utilizados.....	55
TABELA 10 - Composição química da cal.....	68
TABELA 11 - Composição provável do calcário.....	69
TABELA 12 - Composição dos aglomerantes cimento/cal/cinza.....	79
TABELA 13 - Aglomerantes estudados - Cura térmica....	84
TABELA 14A- Orçamento das obras civis.....	94
TABELA 14B- Orçamento das obras civis (continuação)..	95
TABELA 15 - Equipamentos industriais.....	96
TABELA 16 - Máquinas, móveis e utensílios de escritório.....	97
TABELA 17 - Equipamentos de laboratório.....	97
TABELA 18 - Capital de giro.....	98
TABELA 19 - Investimentos.....	98



TABELA 20 - Mão-de-obra.....	99
TABELA 21 - Despesas administrativas.....	100
TABELA 22 - Energia elétrica fixa.....	100
TABELA 23 - Custos fixos.....	101
TABELA 24 - Matéria-prima.....	102
TABELA 25 - Mão-de-obra direta.....	103
TABELA 26 - Energia elétrica variável.....	104
TABELA 27 - Embalagens.....	104
TABELA 28 - Custos variáveis.....	105
TABELA 29A- Receita Bruta.....	106
TABELA 29B- Receitas.....	107
TABELA 30 - Financiamento.....	107
TABELA 31 - Planilha de amortização do financiamento.....	108

TABELA 32 - Análise do retorno do investimento.....	109
TABELA 33 - Influência do preço de venda sobre as taxas de retorno.....	110
TABELA 34 - Cálculo da superfície específica através do ensaio do Permeabilímetro de Blaine..	126
TABELA 35 - Planilha de cálculo do ensaio de pozolanicidade.....	127
TABELA 36 - Planilha de cálculo - estudo cimento portland/RHA-2.....	128
TABELA 37 - Planilha de cálculo - estudo cimento portland/RHA-8.....	129
TABELA 38 - Planilha de cálculo - estudo cimento ARI/RHA-2.....	130
TABELA 39 - Planilha de cálculo - estudo cimento * ARI/RHA-8.....	131
TABELA 40 - Planilha de cálculo - estudo cal/RHA-2..	132
TABELA 41 - Planilha de cálculo - estudo cal/RHA-8..	133

TABELA 42 - Planilha de cálculo - estudo	
cimento/cal/RHA-2.....	134
TABELA 43 - Planilha de cálculo - estudo	
cimento/cal/RHA-8.....	135
TABELA 44 - Planilha de cálculo - estudo do efeito	
da cura térmica.....	136

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

A eliminação dos resíduos industriais e agrícolas, principalmente os poluentes, constitui o grande desafio de nossa era. Dentre estes resíduos, as cinzas ocupam lugar de destaque por aparecerem em grande parte dos processos de geração de energia.

A evolução tecnológica do beneficiamento do arroz levou às usinas a gerarem calor para a secagem dos grãos. Com o tempo, substituíram a lenha pela própria casca do arroz, de grande poder calorífico (aproximadamente 4.000 kcal/kg) [1] e de custo praticamente nulo.

Na região Sul do Estado de Santa Catarina, as cinzas geradas na queima da casca de arroz são lançadas nos rios, o que vem preocupando às autoridades e à população, fazendo com que a FATMA (Fundação de Amparo à Tecnologia e ao Meio Ambiente de Santa Catarina) exija dos beneficiadores a

instalação de um sistema constituído por um silo separador e um decantador para a retenção da cinza.

O processo de geração da cinza nas usinas e a atual destinação dos resíduos, são mostrados a seguir:

- As fornalhas, dispostas em paralelo, utilizam queimadores tipo grelha, conforme ilustram as Figuras 1, 2 e 3.

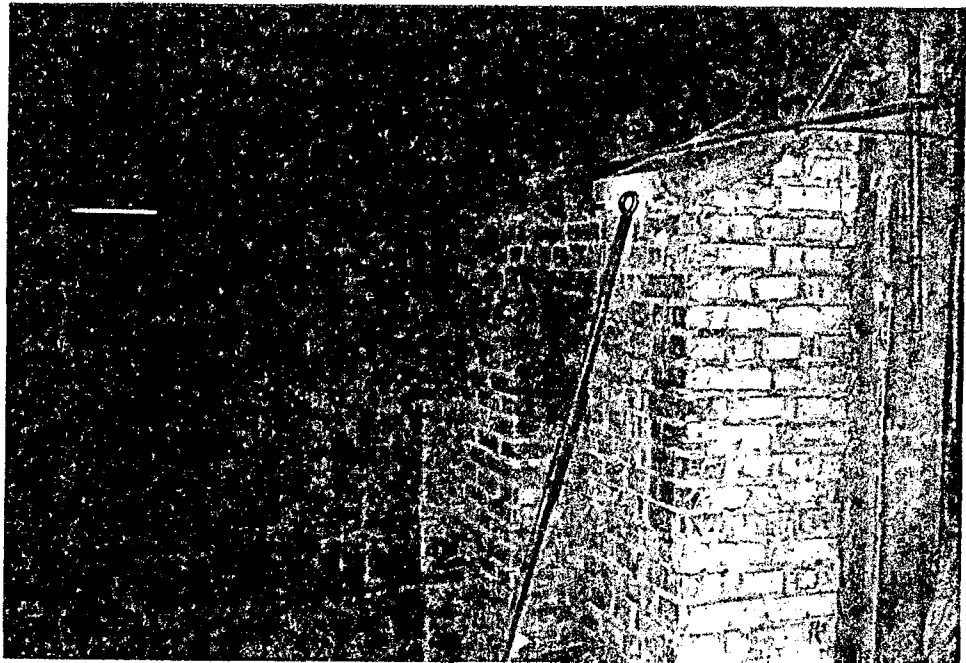


Figura 1 - Fornalhas

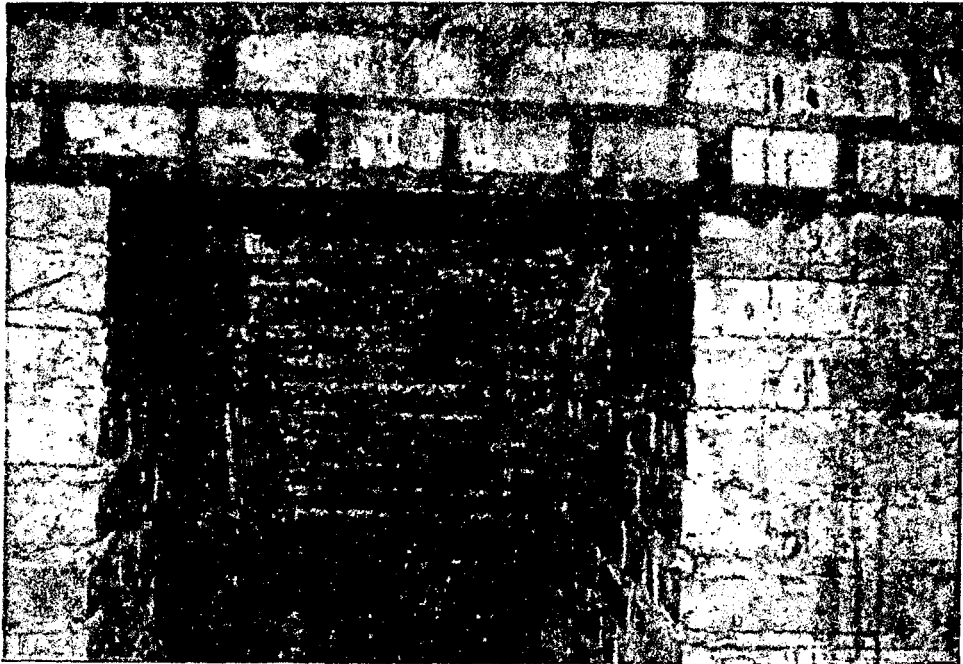


Figura 2 - Queimadores tipo grelha.

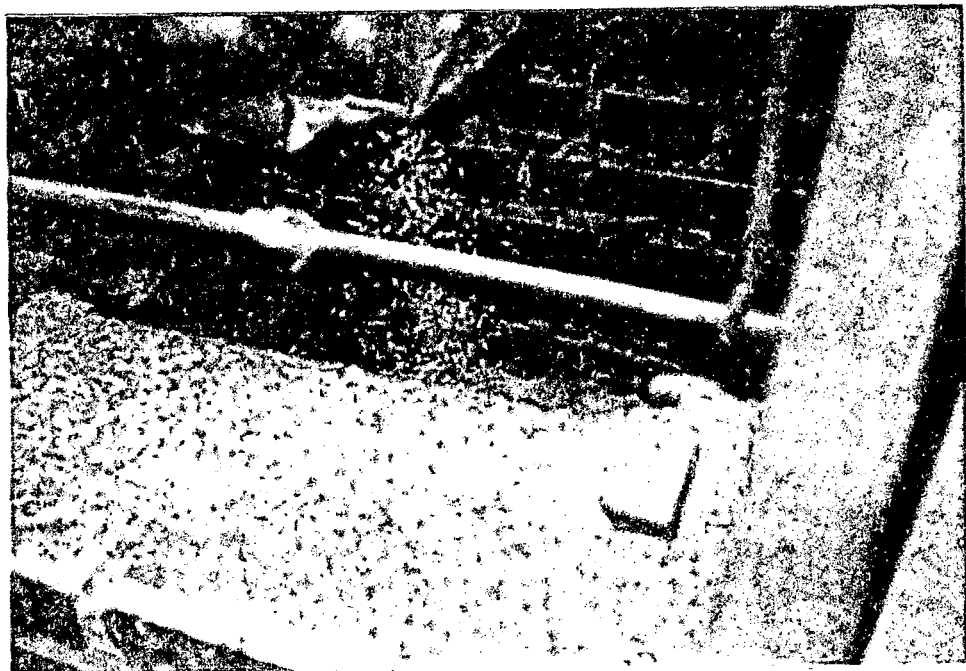


Figura 3 - Detalhe da queima da casca de arroz

- A cinza é então coletada por uma descarga de água em uma canaleta que passa sob as fornalhas (ilustração 4).

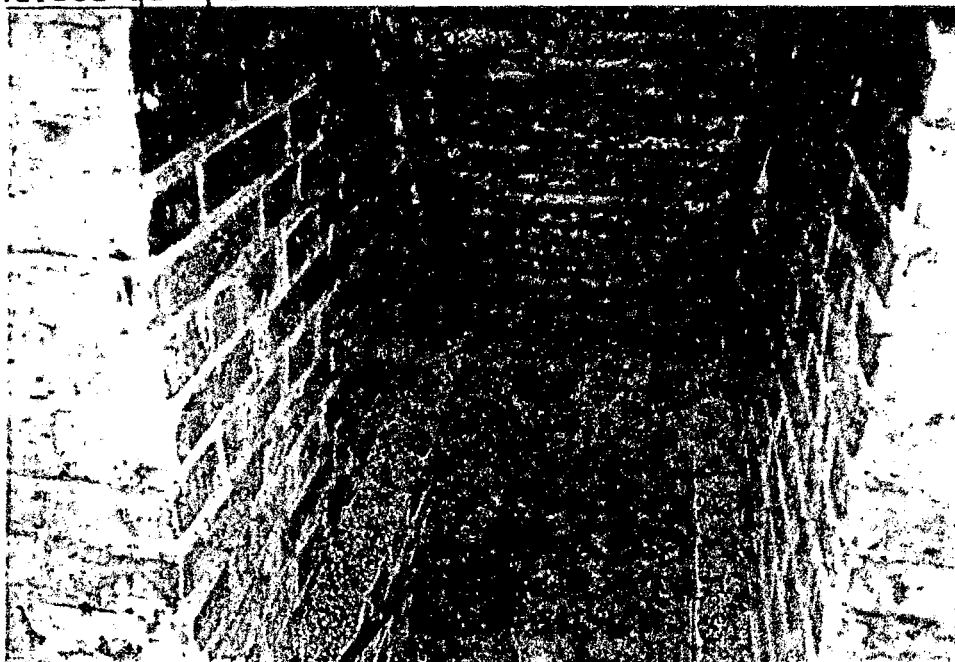


Figura 4 - Coleta da cinza

- Pequenos canais levam estas cinzas para os rios.

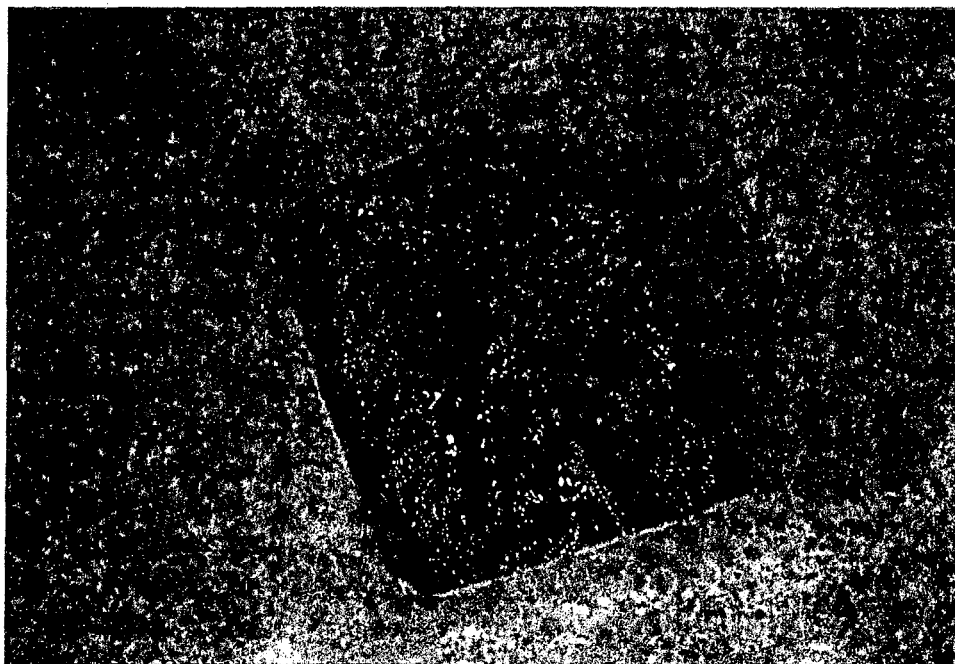


Figura 5 - Canais de despejo.



Figura 6 - Lançamento da cinza no rio em Meleiro - SC.

- As figuras 7, 8, 9 e 10, detalham o sistema de tratamento exigido pela FATMA.

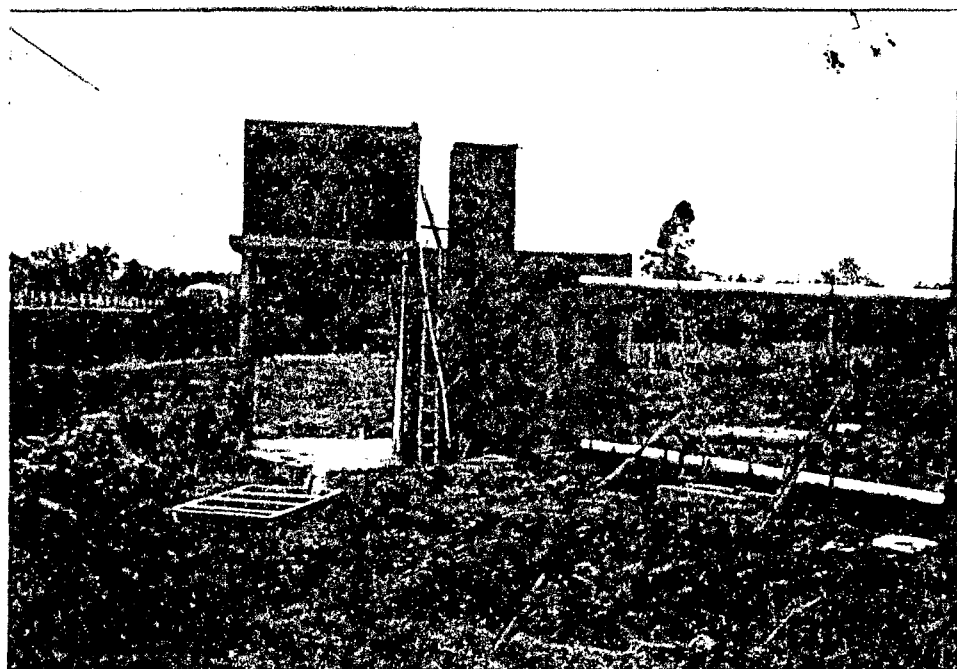


Figura 7 - Visão geral do sistema de tratamento



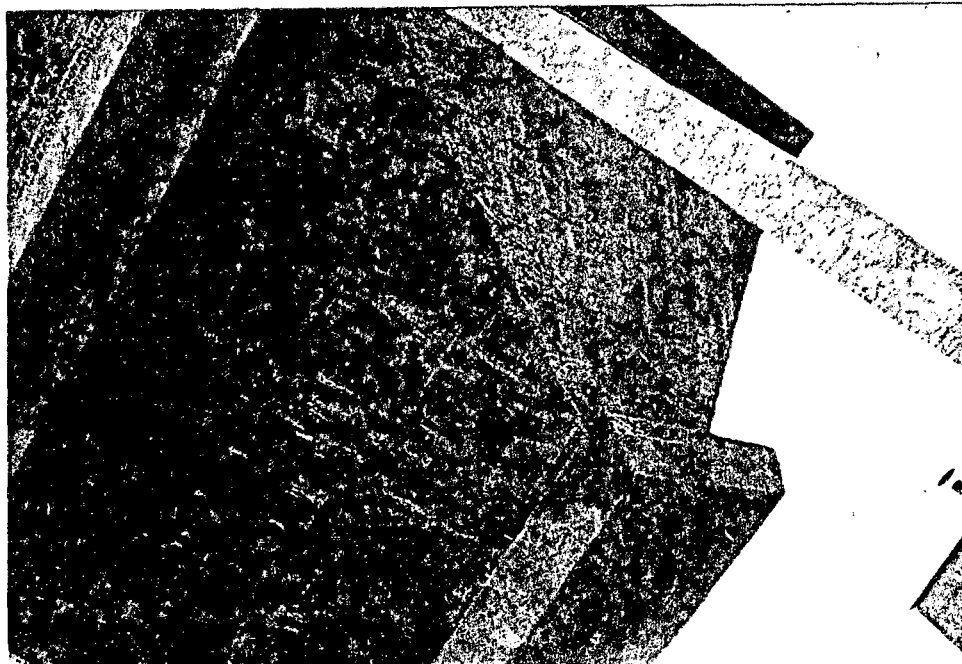


Figura 8 - Silo separador da cinza

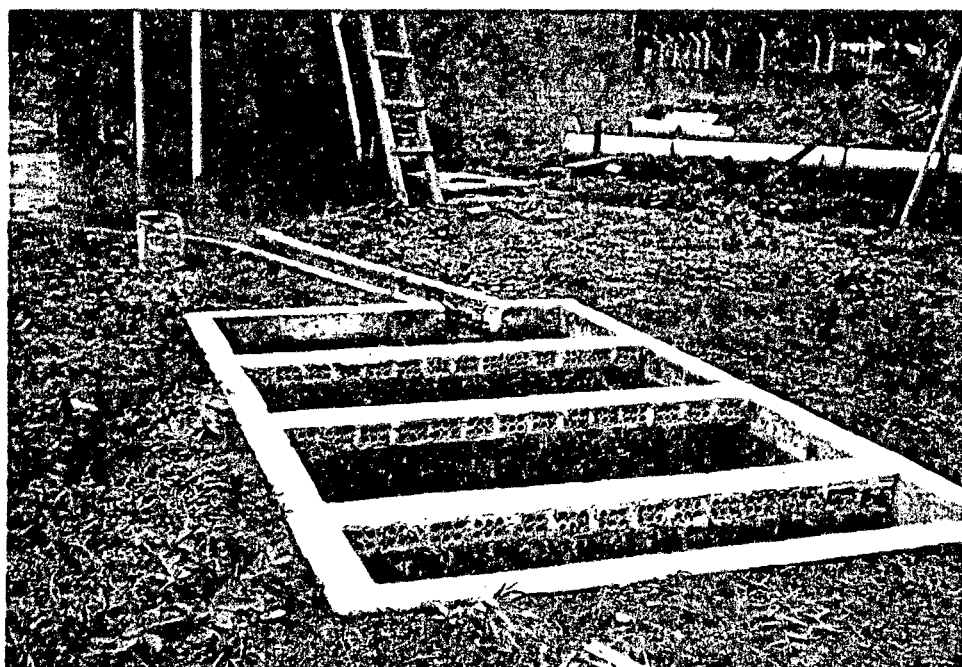


Figura 9 - Decantador

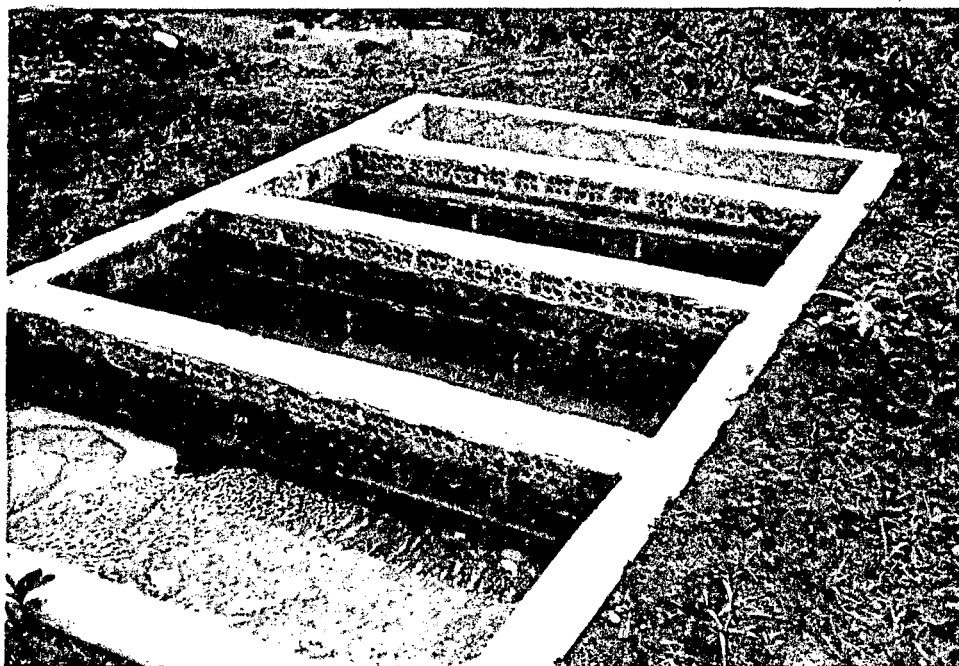


Figura 10 - Detalhe do decantador

Na figura 11 observa-se a água resultante do sistema de tratamento.



Figura 11 - Aspecto do efluente do sistema de tratamento

Em visita ao sul do Estado, observou-se que a maioria dos beneficiadores, embora já possuam o sistema de tratamento, continuam a jogar seus resíduos no rio. Outros, não encontrando um uso para o material recolhido, descarregam seus caminhões caçamba em terrenos baldios ou mesmo diretamente no rio, permanecendo o problema de poluição.

### 1.1 A Motivação para a Realização do Trabalho.

A motivação para a realização do presente trabalho teve origem em três fatores:

1) A necessidade de encontrar uma destinação adequada para cinza da casca de arroz produzidas nas unidades de beneficiamento do sul do Estado de Santa Catarina.

2) Dar aos consumidores de cimento a oportunidade de usufruírem dos benefícios técnicos e econômicos da adição de material pozolânico\* ao cimento Portland.

---

\* Pozolânico é o material silicoso ou sílico-aluminoso, que isoladamente não tem valor aglomerante, mas quando finamente dividido e em presença de água, reage com a cal, formando compostos cimentantes.

3) A carência, a nível de mercado, de um aglomerante hidráulico alternativo, aplicável na execução de alvenarias, pisos e revestimentos, e de custo menor que o cimento portland.

Na decisão de realizar o trabalho influenciaram significativamente o conhecimento inicial da situação, através de relatos do Eng. Nei Benito Damo, profundo conhecedor da situação do sul do Estado de Santa Catarina, e os contatos com o prof. Júlian Sallas Serrano, do Instituto Eduardo Torroja (Madrid - Espanha), durante a realização do Curso sobre Industrialização da Construção promovido pelo IPT - São Paulo, em setembro de 1988.

### 1.2 O Objetivo do Trabalho.

O objetivo do trabalho foi "estudar uma alternativa para a utilização desta cinza de casca de arroz, produzida pela queima da casca em fornalhas nas Usinas de beneficiamento, como pozolana em adição ao Cimento Portland, e na fabricação de cimentos hidráulicos alternativos tipo cal/cinza e cimento Portland/cal/cinza.

Mais especificamente, buscou-se a qualificação desta cinza de casca de arroz como material pozolânico, a avaliação de seu desempenho, e o estudo de viabilidade econômica de uma pequena indústria para o refino desta cinza.

## CAPÍTULO I I

### METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento da pesquisa, apresentada a seguir, foi definida através da abordagem sistêmica do problema, com o auxílio das técnicas de pensamento sistêmico (soft systems thinking)[14].

#### 2.1 Estrutura Básica da Pesquisa.

Ao iniciar-se a elaboração do projeto de dissertação, já se havia estruturado, em linhas gerais, a estratégia a utilizar no decorrer da pesquisa.

Esta estrutura básica, posteriormente detalhada, encontra-se esquematizada no fluxograma a seguir:

## ESTRUTURA BÁSICA DA PESQUISA

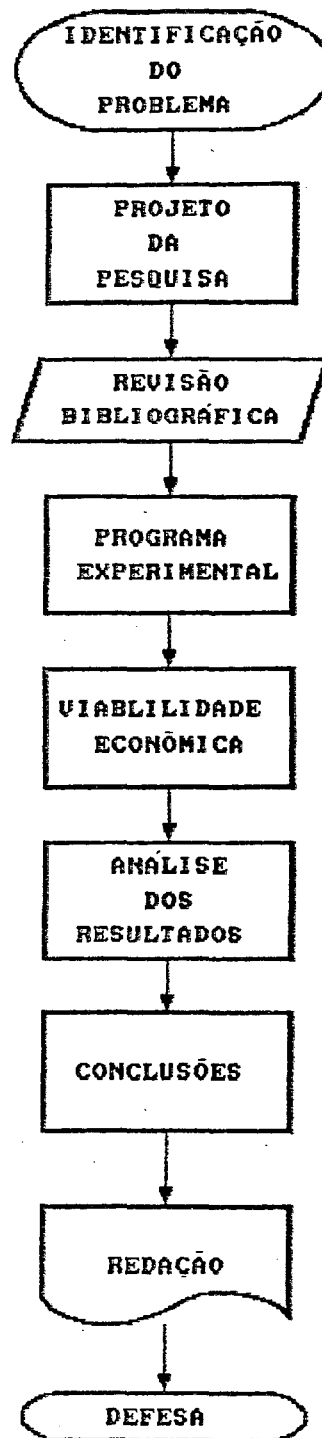


Figura 12 - Estrutura básica da pesquisa.

## 2.2 O Desenvolvimento da Metodologia

Cada etapa desenvolvida do projeto forneceu subsídios para a definição de o que fazer na etapa seguinte, de modo a se atingir de forma mais rápida e eficiente os objetivos propostos.

Na fase de Projeto estabeleceram-se os objetivos da pesquisa, assim como a estratégia a ser seguida no programa experimental.

A pesquisa bibliográfica compreendeu uma fase de busca, onde coletou-se a bibliografia disponível na Universidade, os arquivos do Comut, na biblioteca do IPT da USP, na biblioteca da ABCP e remeteu-se correspondência ao professor Júlian Sallas Serrano, do Instituto Eduardo Torroja, de Madrid e ao professor José Dafico Alves, da Universidade Federal de Goiás, buscando artigos e livros sobre os assuntos de interesse.

Após a leitura do material, detalhou-se o programa experimental, que forneceu os dados necessários ao projeto preliminar da indústria e sua análise de viabilidade econômica.

O fluxograma da figura 13 mostra os passos seguidos no desenvolvimento da pesquisa.

## ESTRUTURA DA PESQUISA

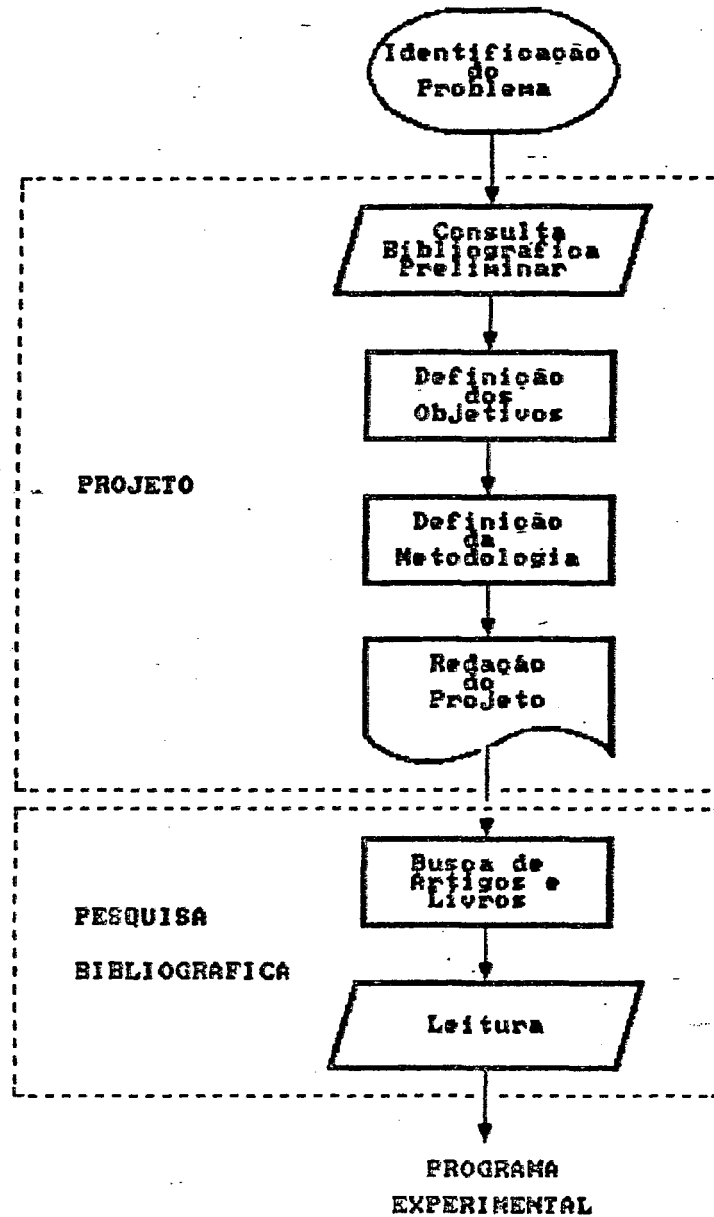


Figura 13 A - Estrutura da pesquisa



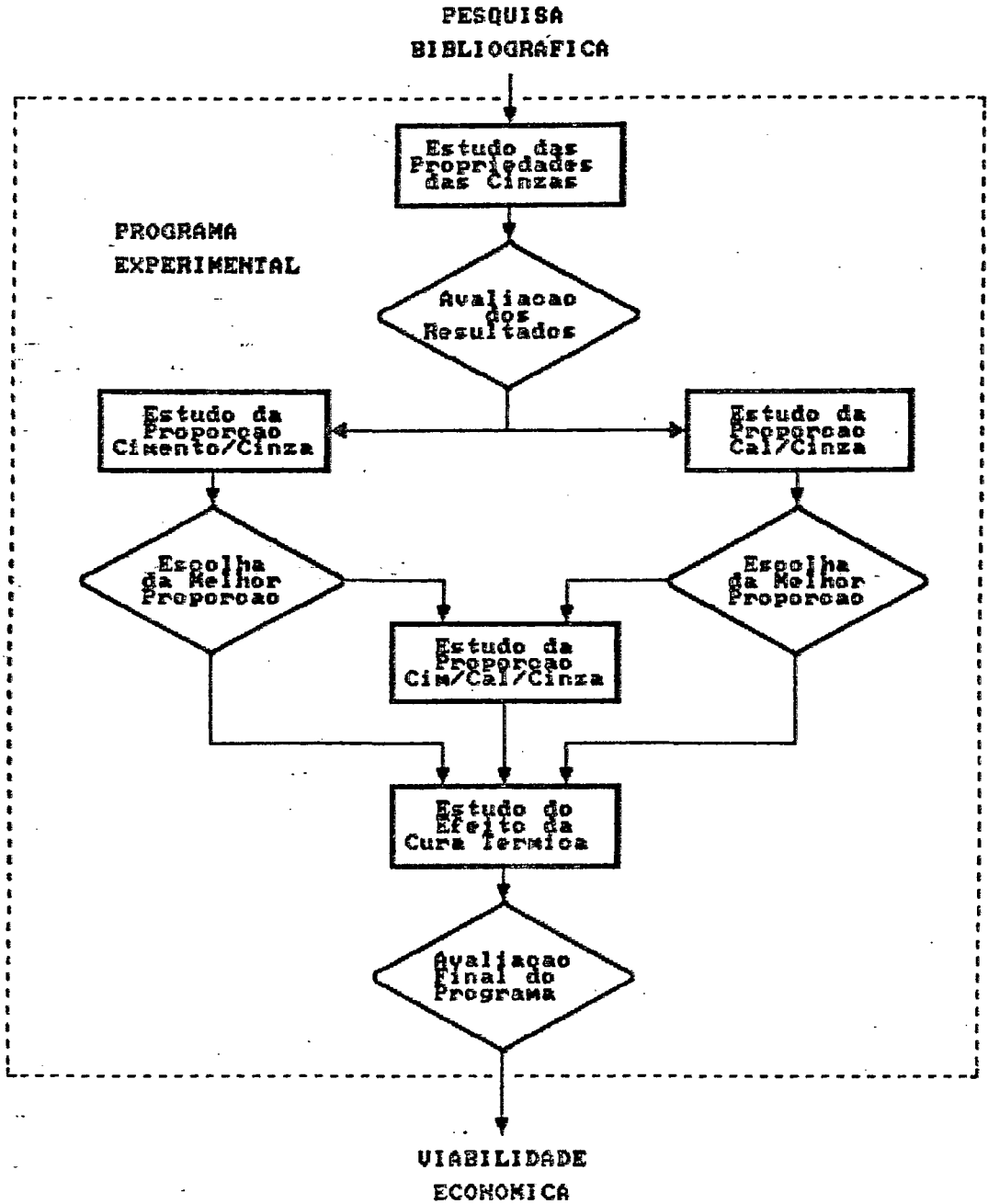


Figura 13 B - Estrutura da pesquisa (continuação)

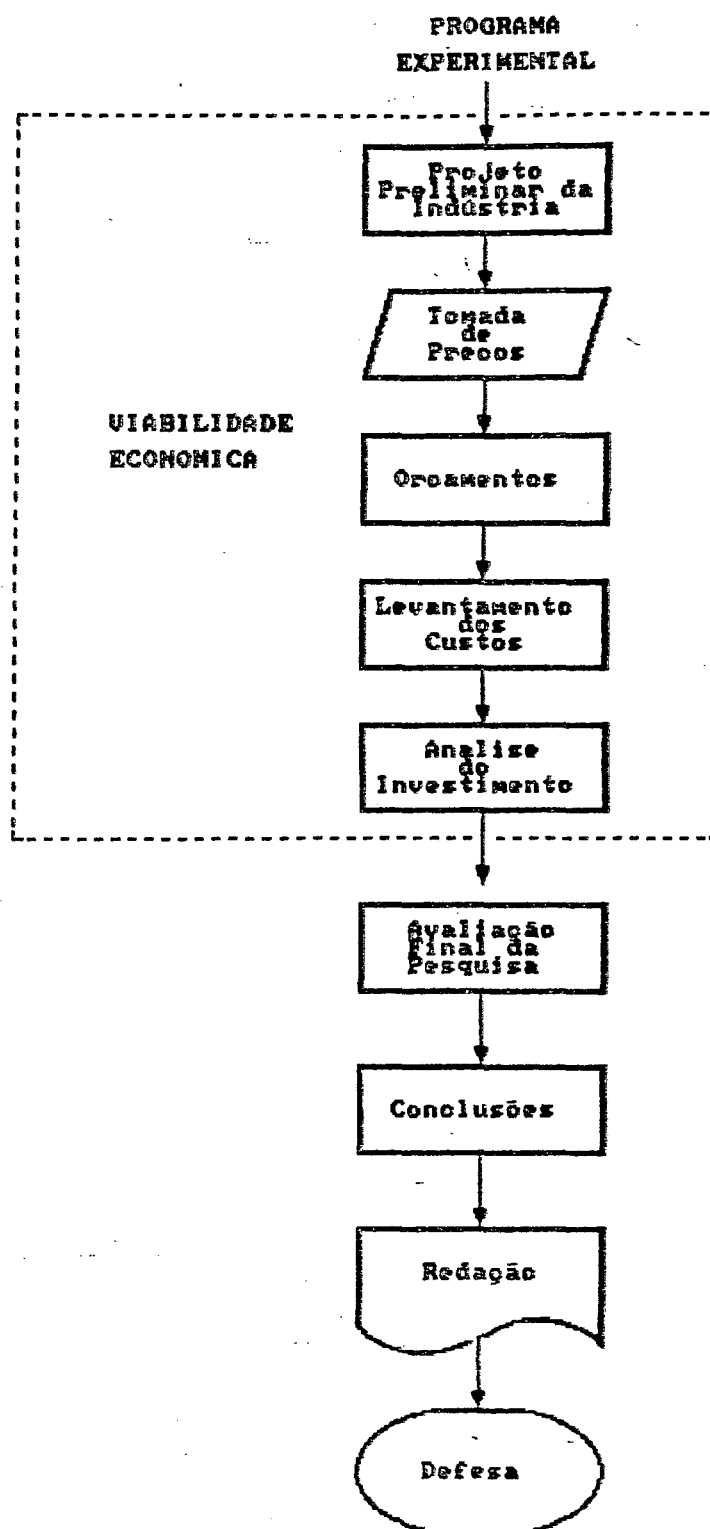


Figura 13 C - Estrutura da pesquisa (continuação)

### 2.3 A Dissertação

De forma análoga ao desenvolvimento da pesquisa, a dissertação relata de forma objetiva os métodos utilizados e resultados obtidos durante a realização dos trabalhos.

No capítulo I apresenta-se a situação encontrada no sul do Estado de Santa Catarina, que motivou a pesquisa .

Neste capítulo II, relata-se a metodologia utilizada na busca da solução do problema.

O capítulo III mostra uma síntese do encontrado na leitura dos artigos e livros sobre o assunto

O capítulo IV é um relatório do programa experimental, indicando os métodos de ensaio e seus resultados.

A análise de viabilidade econômica de uma pequena indústria para refino da cinza de casca de arroz, é o assunto relatado no capítulo V.

\*

O Capítulo VI trata das conclusões e recomendações para futuros trabalhos.

## 2.4 Limitações da Pesquisa.

Evidentemente, a presente dissertação não esgota o assunto, pelo contrário, abre caminho para futuros trabalhos sobre o tema.

O conhecimento total do material só será possível após testados todos os parâmetros encontrados nas matrizes morfológicas do capítulo IV.

Este trabalho limitou-se também pelos recursos disponíveis, tanto no que se refere a equipamentos, materiais, etc., quanto ao tempo disponível para a realização da pesquisa.

Também motivado pela carência de recursos, principalmente a nível de equipamentos, o trabalho tratou do estudo dos efeitos das adições, evidenciando a intenção de aplicabilidade, relegando, a princípio, as causas que deverão ser estudadas mais adiante.

Quanto a análise econômica, a planilha eletrônica criada para este fim mostra-se bastante flexível, admitindo alterações que adaptam seus valores para outras situações que porventura sejam estudadas.

Finalmente, é preciso ter claro que, os resultados são válidos especificamente para a caso estudado, muito embora sirvam como referência para situações semelhantes.

## CAPÍTULO III

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Pozolanas

Sob esta denominação encontram-se materiais naturais, artificiais ou subprodutos industriais e agrícolas que têm em comum uma composição silicosa ou silico-aluminosa e a capacidade de reagir com a cal à temperatura ambiente, formando compostos cimentantes. [2]

Dentre as pozolanas naturais destacam-se as cinzas vulcânicas, as terras de diatomáceas ou de infusórios de carácter fóssil, de composição química a base de sílica ativa.

Das pozolanas artificiais participam as argilas calcinadas, as cinzas volantes de carvão (coletadas por precipitadores eletrostáticos em centrais termoelétricas),

e as cinzas de turfa, casca de arroz, dentre outras, também a base de sílica ativa.

A sílica, forma abreviada de se referir ao dióxido de silício é de longe o material sólido mais abundante na crosta terrestre, sendo comum comparar-se sua importância para o estado sólido com a da água para o estado líquido [3]. Apresenta-se sob a forma cristalina (praticamente inerte) ou sob a forma amorfa (reativa). Tanto melhor a qualidade da pozolana quanto maior a presença de sílica amorfa em sua composição.

Denomina-se pozolanicidade à capacidade de reação do material pozolânico.

### 3.2 Origem da Utilização das Pozolanas

Ao analisar-se a história, observa-se que sob diversos aspectos ela mostra-se cíclica, com hábitos que aparecem e desaparecem no decorrer do tempo. Civilizações na Babilônia, Grécia, Roma, Mohengo-Dara e Harrapa (Índia), utilizaram pozolanas como material de construção em épocas e regiões diferentes, e um novo ciclo ocorre nos dias atuais [4].

Há 2000 anos, os romanos construíram com cimento tipo cinza/cal muitas de suas edificações (O Pantheon, por

exemplo), que atestam a resistência e a durabilidade deste material [5]. A cinza, de origem vulcânica, procedia da região de "Pozzuoli", derivando daí o nome genérico de todos os materiais de características similares.

A adição de cinza pozolânica ao Cimento Portland iniciou-se na Europa em 1950, como forma de dar uma destinação às cinzas volantes de carvão produzidas em Usinas Termoelétricas, e de reduzir o custo do cimento. No Brasil, a fabricação industrial do cimento pozolânico iniciou-se em 1969, visando o aproveitamento da cinza volante da Termoelétrica de Charqueadas, no Rio Grande do Sul.

A partir de 1984, mais acentuadamente na região Sul e Sudeste, verifica-se um predomínio do Cimento Pozolânico em relação ao Cimento Portland Comum, principalmente pela adição de cinza volante, mas também utilizando rochas vulcânicas, diatomito, argila calcinada, e outras cinzas.

### 3.3 Razões para a Utilização de Pozolanas em Adição ao Cimento Portland

A adição de pozolanas ao Cimento Portland é justificada por razões de três ordens: Tecnológica, Econômica e Ecológica. Embora as razões de ordem tecnológica sejam primordiais, na realidade elas se impuseram posteriormente



às económicas e ecológicas. [6]



### 3.3.1 Razões Tecnológicas.



O cimento portland é formado, basicamente por quatro componentes anidros [7]:

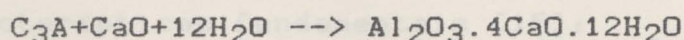
Tabela 1 - Componentes anidros do cimento Portland

Componente	Fórmula	Símbolo
Silicato tricálcico	3 CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
Silicato dicálcico	2 CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S
Aluminato Tricálcico	3 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A
Ferroaluminato tetracálcico	4 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF

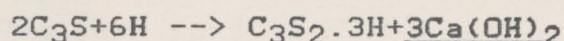
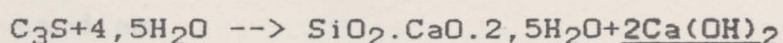
Os compostos anidros do clínquer\* portland reagem com a água, por hidrólise, dando origem a numerosos compostos hidratados. Estas reações são indicadas a seguir, de forma abreviada:

Clinquer - composto formado pela queima da mistura de materiais carbonáticos e argilosos, em fornos rotativos, a uma temperatura entre 1400 e 1600 °C.

O  $C_3A$  reage primeiro (até 3 dias)

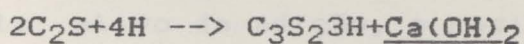
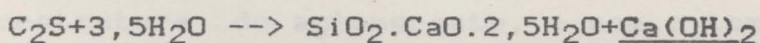


O  $C_3S$  reage a seguir (até 7 dias)



dando origem a silicatos monocálcicos hidratados

O  $C_2S$  reage muito mais tarde (após 28 dias)



O hidróxido de cálcio liberado na hidratação do clínquer portland em grande quantidade (cerca de metade da massa dos silicatos existentes no clínquer [7]), reage com a pozolana, quando adicionada, dando origem a compostos estáveis, do mesmo tipo dos que se formam na hidratação do clínquer (silicatos cálcicos hidratados - CSH), porém distintos por terem menor relação  $CaO/SiO_2$ , sendo portanto menos básicos e por esta razão quimicamente mais estáveis. [8]

Sob o aspecto físico, a moagem das cinzas propicia grãos de dimensões muito menores que os do cimento, contribuindo para uma melhor microestrutura das pastas e argamassas.

A adição de pozolana confere aos cimentos algumas características fundamentais [15]:

a) Maior resistência mecânica, principalmente à idades mais tardias.

Embora a resistência inicial seja prejudicada pela menor massa de clínquer, uma vez que a pozolana inicialmente comporta-se como inerte, existe uma compensação pela melhor microestrutura do aglomerante, e com o tempo, e consequente efeito ativo da adição, a resistência tende a superar a do Cimento Portland Puro.

Pode-se afirmar que a contribuição das pozolanas para resistência inicial dos cimentos pozolânicos deve-se principalmente a fatores físicos, enquanto que para a resistência final, a fatores químicos.

b) Menor calor de hidratação.

A alta reatividade dos clínquers modernos provoca uma alta liberação de calor que pode causar fissuras de origem térmica, comprometendo a qualidade e durabilidade das edificações. Este efeito fica mais evidente em obras que utilizem concreto massa como em barragens ou em galerias, reservatórios, muros de arrimo, etc.

A pozolana, inicialmente inerte, diminui a velocidade inicial de hidratação do cimento, reduzindo assim a liberação de seu calor de hidratação.

c) Maior trabalhabilidade.

Os cimentos pozolânicos apresentam uma melhor plasticidade da pasta e argamassas e maior trabalhabilidade devida ao melhor arranjo e volume do aglomerante, propiciando um eficiente envolvimento dos grãos do agregado, além de uma menor tendência à segregação. Entretanto, devido ao fato de necessitarem uma moagem a uma área específica mais alta, exigem uma maior quantidade de água para uma mesma plasticidade.

d) Maior resistência ao ataque por ácidos e, portanto, maior durabilidade em ambientes agressivos.

Este fato se deve à estabilização da cal de hidratação do clínquer portland e a formação de compostos de menor relação  $\text{CaO/SiO}_2$  de menor basicidade.

O uso de cimentos pozolânicos é recomendado em atmosferas agressivas, marítimas, solos ácidos, e ambientes industriais.

e) Inibição da expansão devida à reação álcali-agregado.

Os álcalis liberados pelo cimento, reagem com componentes deletérios dos agregados em presença de água, provocando expansão e fissuração do concreto. A pozolana reage com estes álcalis enibindo a expansão.

f) Maior impermeabilidade.

Nos cimentos com adição de pozolanas, a colmatação (preenchimento dos poros da pasta) é muito mais rápida por causa da estabilização da cal de hidratação. Esta fixação evita que a cal liberada nas reações de hidratação seja dissolvida e carregada pela água, aumentando a quantidade de poros.

g) Maior módulo de elasticidade.

A hidratação mais lenta e consequente aumento gradativo da coesão e resistência dos cimentos com pozolana favorece o aumento do Módulo de Elasticidade. Isto é importante quando se requer concretos não apenas resistentes como também capazes de manterem-se sem apresentar fissuras quando submetidos a modificações bruscas de tensões provocadas por ciclos de retração-expansão nas idades até 28 dias. Estas tensões são decorrentes de variações de umidade por ações térmicas, condições higrométricas externas e as próprias ações térmicas.

h) Melhor comportamento quando submetido à cura térmica.

O cimento pozolânico apresenta maior resistência à compressão que o portland comum quando submetido à cura em temperaturas mais elevadas, condição cada vez mais presente nas fábricas de pré-moldados.

i) Basicidade total mais baixa.

Devida à menor proporção de hidróxido de cálcio disponível.

Esta redução de basicidade aumenta o risco de corrosão nas armaduras, o que é compensado pela proteção propiciada pela maior impermeabilidade das argamassas de cimento pozolânico.

Figura 14 - Processo de fabricação do cimento Portland

### 3.3.2 Razões Econômicas.

Das matérias-primas utilizadas (argila, e calcário), o calcário  
A utilização de pozolanas pela Indústria Cimenteira foi inicialmente motivada por questões de ordem econômica. Até então, qualquer redução nos custos de fabricação implicava em investimentos vultosos na otimização dos processos e equipamentos de industrialização. O uso de adições como as pozolanas, por exemplo, reduz custos sem a necessidade de novos investimentos.

A figura 14 apresenta, de forma sintética, o processo de fabricação do cimento portland comum e pozolanico:

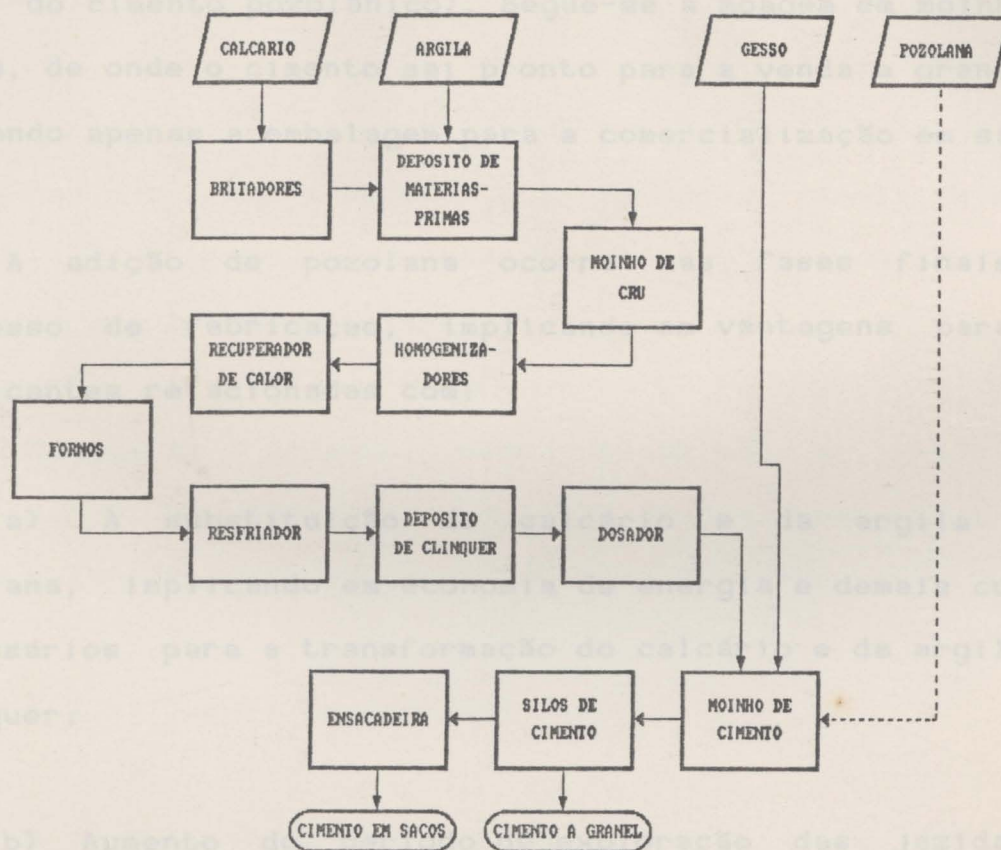


Figura 14 - Processo de fabricação do cimento Portland

Das matérias primas utilizadas (argila, e calcário), o calcário proporciona as maiores dificuldades, implicando no uso de explosivos e de britadores para sua exploração.

Após britado o calcário é misturado à argila e ambos moídos e homogenizados no "moinho de cru". A seguir, a mistura passa ao forno onde sua temperatura eleva-se até 1.400 a 1.600 °C para a formação do clínquer.

Resfriado o clínquer, este recebe a adição do gesso (no caso do cimento portland comum) ou do gesso e pozolana (no caso do cimento pozolânico). Segue-se a moagem em moinho de bolas, de onde o cimento sai pronto para a venda a granel ou faltando apenas a embalagem para a comercialização em sacas.

A adição de pozolana ocorre nas fases finais do processo de fabricação, implicando em vantagens para os fabricantes relacionadas com:

a) A substituição do calcário e da argila pela pozolana, implicando em economia de energia e demais custos necessários para a transformação do calcário e da argila em clínquer;

b) Aumento do período de exploração das jazidas e consequentemente do período de produção da fábrica.

Sob o ponto de vista dos consumidores de cimento, as vantagens econômicas da adição de pozolana pelas indústrias cimenteiras são nulas, uma vez que existe uma equivalência entre o preço do cimento portland comum e do cimento pozolânico. Para usufruírem desta vantagem terão que adquirir o cimento portland comum e fazerem a adição de pozolana, o que implica em:

1º) Dominarem a tecnologia da adição;



2º) Possuírem um fornecedor de pozolana pronta para adição ou uma fonte de pozolana e equipamentos para o seu beneficiamento.

Para consumidores de maior porte, indústrias de pré-moldados e concreteiras, por exemplo, viabiliza-se a instalação de pequenas unidades de beneficiamento de cinza e mistura ao cimento portland.

Estuda-se adiante, neste trabalho, a viabilidade técnica e econômica da instalação de uma pequena unidade para beneficiamento da cinza de casca de arroz.

### 3.3.3 Razoes Ecológicas

O problema de deposição de resíduos industriais vem agravando-se em todo o mundo. No caso específico das cinzas, tem-se depositado a céu aberto ocupando grandes áreas ou, como no caso da cinza de casca de arroz em estudo, lançadas nos mananciais de água.

As alterações na composição do fundo dos rios, associadas ao aumento da turbidez que dificulta a penetração da luz, acabam por afetar a microfauna que participa do ciclo da vida aquática, alterando todo o equilíbrio do sistema e diminuindo a oxigenação da água.

Nos centros urbanos, onde localizam-se a maioria dos beneficiadores de arroz, o problema torna-se ainda mais grave, e com o crescimento da consciência ecológica os custos de descarte deste material tendem a aumentar.

### 3.4 A Cinza de Casca de Arroz

A cinza de casca de arroz, normalmente denominada de RHA (iniciais de Rice Husk Ash), é um resíduo gerado pela queima da casca em fornalhas, a céu aberto ou em fornos especiais à temperatura controlada.

Tradicionalmente utilizada como pozolana na Índia, segunda maior produtora mundial do cereal, expandiu seu uso por todo o mundo graças a trabalhos de pesquisadores como o Professor P.C.Kapur do Instituto Tecnológico de Kampur, na Índia, o Professor P.K.Mehta [8] da Universidade de Berkeley, Califórnia, da equipe de pesquisadores do Instituto Eduardo Torroja, Madrid, liderados pelo Professor Julian Sallas Serrano [1], e muitos outros.

### 3.4.1 O Potencial da Cinza de Casca de Arroz.

A produção mundial de arroz em casca na safra 86/87 atingiu 463,6 milhões de toneladas, sendo a maior produtora mundial a China, seguida pela Índia, Indonésia, e Bangladesh.

O Brasil, com uma produção de 10,5 milhões de toneladas, ocupa o 9º lugar na lista dos produtores mundiais. O Estado líder na produção foi o Rio Grande do Sul, responsável por 34% da safra 86/87, e Santa Catarina com 505 mil toneladas ocupou o 7º lugar com 4,8% da produção nacional [9].

A Micro Região Colonial Sul Catarinense, constituída pelos municípios de Praia Grande, Jacinto Machado, São João, Turvo, Timbé do Sul, Nova Veneza e Meleiro, produziu 111 mil toneladas, o que equivale a 22% da produção estadual.

Como a cinza representa aproximadamente 4% do peso do arroz em casca, resultam os valores abaixo para as disponibilidades anuais potenciais de cinza de casca de arroz:

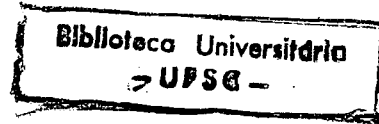


Tabela 2 - Produção potencial de cinza de casca de arroz

Disponibilidade potencial	Produção (ton/ano)
Mundial	$18,5 \times 10^6$
Brasileira	$420 \times 10^3$
Catarinense	$20,2 \times 10^3$
Colonial Sul Catarinense	$4,04 \times 10^3$

Convém resalvar que este último valor refere-se apenas ao arroz produzido na região, excluindo-se dele a cinza derivada do arroz produzido no Rio Grande do Sul e beneficiado na Região Colonial Sul Catarinense.

Pode-se verificar pessoalmente que, apenas no município de Turvo são beneficiadas diariamente 5.000 sacas de arroz, o que equivale a geração de 10 toneladas de cinza.

#### 3.4.2 A Caracterização da Cinza de Casca de Arroz como Pozolana.

Duas condições devem ser atendidas para que um material seja considerado pozolânico: a primeira diz respeito à composição química que deve ser a base de sílica, a segunda relaciona-se com a reatividade desta sílica com a cal.

Para a cinza de casca de arroz, ambas são plenamente atendidas, conforme demonstrado adiante:

A análise química indica a presença de sílica em teores que variam, na maioria dos casos, entre 85 e 95%. Apresenta-se a seguir os resultados obtidos por diversos autores, expressos em percentagem:

Tabela 3 - Composição química da cinza de casca de arroz segundo diversos autores

AUTOR	AL-KHALAF		HASCH	HAWKEY	ALVES	CINCOTTO	
	SALLAS	450°					850°
perda ao							
fogo	-	3,49	1,84	-	-	7,29	
Resíduo							
Insol.	0,17	-	-	-	-	10,34	
<b>SÍLICA</b>	<b>91,26</b>	<b>85,88</b>	<b>87,72</b>	<b>91,16</b>	<b>94,23</b>	<b>73,22</b>	<b>94,70</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,94	0,47	0,40	-	-	2,53	0,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,37	0,18	0,16	0,21	0,53	1,67	1,46
CaO	2,15	1,12	1,43	0,65	0,27	7,60	0,99
MgO	0,88	0,45	0,36	0,99	0,12	0,94	0,95
SO <sub>3</sub>	-	1,24	1,25	0,10	-	0,86	0,21
Na <sub>2</sub> O	-	1,15	1,11	-	0,39	0,05	0,04
K <sub>2</sub> O	-	4,10	3,96	4,75	-	3,96	1,75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0,34	0,30	-	2,22	-	-
MnO	-	0,09	0,09	-	-	-	-

A análise química da amostra procedente do Sul do Estado e utilizada neste trabalho realizou-se nos laboratórios da CIDASC (Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina), e resultou nos valores apresentados no capítulo 4.

Quanto à pozolanicidade, a cinza de casca de arroz está classificada, segundo a Norma ASTM, como pozolana do tipo R, contendo 90% de sílica não cristalizada. [4]

Ensaio realizado no IPT de São Paulo, usando o método de Chapelle, revelaram que a cinza de casca de arroz fixa o hidróxido de cálcio, consumindo 770 mg de CaO por grama de cinza. Quando adicionada ao clínquer Portland, comporta-se como cimento pozolânico, segundo o ensaio descrito pela Norma MB-1154 da ABNT. [10]

A Norma Espanhola (UNE 80-302) estabelece que o percentual mínimo de sílica reativa nas pozolanas naturais e cinzas volantes deve ser de 25%, determinada pela diferença entre a sílica total e o resíduo insolúvel após ataque por ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de potássio (KOH). Segundo Sallas [1] para a cinza de casca de arroz, o resultado foi de 79,86%, o que a classifica como muito apropriada para uso como adição.

### 3.4.3 Influência da Temperatura de Queima na Pozolanicidade da Cinza de Casca de Arroz.

A presença de sílica no estado amorfo ou cristalino pode também ser diferenciada através da difração de raios-X. O gráfico de difração das cinzas de casca de arroz analisadas por Sallas [1] e Nimityongskul [11] apresentam poucos picos, evidenciando uma pequena presença de compostos cristalinos.

Conforme já se afirmou anteriormente, a sílica em estado amorfo é atacada com maior facilidade pela cal do que quando apresentada sob forma mais ordenada.

A temperatura de queima da casca de arroz influencia a forma da sílica encontrada na cinza. Metha [8], afirma que a queima deve ocorrer a uma temperatura controlada para que atinja o máximo de reatividade e patenteou um forno especial para este fim.

Sallas [1] realizou suas experiências com cinzas queimadas em condições controladas a uma temperatura máxima de 1000 °C. Afirma que uma queima a 850 °C durante duas horas propiciam o aparecimento de sílica em base cristalina de quartzo e que a sílica permanece em estado amorfo quando as temperaturas mantem-se entre 450 e 700 °C durante 3 ou 4 horas. Tendo em vista que as formas cristalinas apresentam

menor reatividade, é importante que a temperatura não ultrapasse os 900 °C.

Segundo Smith [12], a prática semi-industrial na Índia, Nepal e Paquistão limita a temperatura de combustão a 700°C.

Um estudo mais aprofundado do efeito da temperatura de queima sobre a qualidade da cinza de casca de arroz foi desenvolvido por Minityongskul, de Silva e Kasudhi [11]. Nesse trabalho, os autores relacionaram a temperatura de queima que variou de 200 a 1000 °C com a resistência à compressão de corpos de prova de argamassa, possibilitando, dentre outras, as seguintes conclusões:

- 1) A reatividade da cinza foi consideravelmente influenciada pela temperatura de queima da casca;

- 2) A temperatura de queima em que a sílica resultante deixa de ser amorfa para tornar-se cristalina ocorreu entre 800 e 1000 °C;

- 3) Cinzas de boa qualidade foram obtidas para a queima entre 300 e 800 °C;

- 4) A temperatura de 400 °C obteve-se resultados satisfatórios e foi indicada como a temperatura de queima ideal;



5) RHA produzida por queima a céu aberto também apresenta sílica reativa;

6) O resfriamento brusco da cinza propicia melhor resistência aos 3 e 7 dias, sendo que aos 28 dias as resistências independem do método de resfriamento da cinza.

Convém ressaltar que as cinzas queimadas a temperaturas mais elevadas, moem-se mais rapidamente em moinho de bolas, possibilitando um menor tempo de moagem para uma mesma finura.

Como a cinza proveniente do Sul do Estado de Santa Catarina, objeto do presente trabalho, é queimada nas fornalhas das próprias usinas de beneficiamento de arroz, o controle da temperatura de queima torna-se inviável, razão pela qual os ensaios realizados limitaram-se a qualificar as cinzas. No entanto, a implementação de processos de queima que permitam um controle efetivo das condições de combustão podem contribuir significativamente para a melhoria das qualidades da cinza.

## CAPÍTULO IV

### PROGRAMA EXPERIMENTAL

Com o objetivo de estudar o comportamento da cinza de casca de arroz descartada pelos beneficiadores do sul do Estado de Santa Catarina realizou-se, no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal de Santa Catarina, um programa de ensaios que buscou especificamente:

a) Avaliar o desempenho das argamassas de cimento Portland, em composição com a cinza de casca de arroz;

b) Desenvolver um cimento hidráulico alternativo baseado na mistura de cimento Portland, cal e cinza de casca de arroz.

#### 4.1 Caracterização da cinza de casca de arroz.

Na etapa 1, buscou-se determinar as propriedades da cinza de casca de arroz, bem como sua caracterização como pozolana.

a) Propriedades Físicas - Massa Específica, Massa Unitária em Estado Solto, Massa Unitária em Estado Compactado, comportamento quando submetido à Moagem, Área Específica.

b) Propriedades Químicas - Composição Química, Ensaio de Pozolanicidade.

Cada um destes ensaios estão detalhados a seguir:

##### 4.1.1 Determinação da Massa Específica.

Neste ensaio seguiu-se o procedimento especificado pela Norma NBR 6774 da ABNT ( Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da Massa Específica - Método de Ensaio).

a) Equipamentos Utilizados.

- Balança analítica, marca Mettler, modelo H 80 , com precisão de 0,1 mg;
- Frasco volumétrico de Le Chatelier;
- Funil de Vidro;
- Termômetro;
- Tanque p/ banho termo-regulador;
- Líquido para ensaio (querosene).

b) Procedimento.

- Com o auxílio do funil, colocou-se o líquido (querosene) no frasco de Le Chatelier até que alcançasse um valor entre 0 e 1 na escala graduada. Levou-se ao banho termorregulador e fez-se a leitura da temperatura. A seguir, introduziu-se a amostra em estudo no frasco.

Com movimentos giratórios alternados para a direita e para a esquerda, eliminaram-se as bolhas de ar contidas na amostra. Levou-se novamente ao banho termorregulador e fez-se a leitura na escala graduada e no termômetro. Obs.: Evitou-se variações maiores que 0,2 °C.

Calculou-se a Massa Específica pela expressão:

$$d = \frac{P}{V} \quad (\text{g/cm}^3)$$

onde V é a diferença entre a leitura final e a inicial.

c) Resultados Obtidos.

Tabela 4 - Determinação da Massa Específica

Material: Cinza de casca de arroz						
Ensaio nº	Peso (g)	Leitura		Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	
		Inicial	Final			
1	50	0,1	123,1	23,0	2,174	
2	50	0,5	123,4	22,9	2,184	

Massa Específica: 2,179 g/cm<sup>3</sup>.

4.1.2 - Determinação da Massa Unitária em Estado Solto.

Utilizou-se um procedimento análogo ao especificado pela NBR 7251 (Agregado em Estado Solto - Determinação da Massa Unitária) <sup>(1987)</sup>. A importância deste índice neste trabalho está correlacionada com a definição do Projeto da Unidade de Refino de Cinza de Casca de Arroz, conforme veremos adiante, e para a avaliação do custo de transporte desta cinza.

a) Equipamentos utilizados:

- Balança, marca Filizola, com precisão de 10 g;
- Recipiente Metálico Paralelepípedo;
- Termômetro;
- Estufa de secagem.

## b) Procedimento:

Determina-se, inicialmente, o volume do recipiente pesando-o seco em estufa e após cheio de água e coberto com uma placa de vidro. Calculou-se o volume do recipiente, considerando-se a massa específica da água igual a  $1,0 \text{ kg/dm}^3$ , para uma temperatura de  $23 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Obtido o volume do recipiente, este foi preenchido com a amostra usando uma concha e lançando a cinza de 10 a 12 cm de altura. A superfície superior foi rasada com uma régua, e o recipiente com o material foi então pesado.

A Massa Unitária em Estado Solto foi obtida pelo quociente entre o peso líquido do material e o volume do recipiente.

## c) Resultados Obtidos:

Tabela 5 - Massa Unitária em estado solto.

Material: Cinza de casca de arroz							
Ensaio	Recipiente	Peso do Recipiente		Peso da Cinza	Massa Unitária		
n°	Peso(g)	Volume( $\text{cm}^3$ )	+Cinza (g)	(g)	(g/ $\text{cm}^3$ )		
1	4.520	14.920	6.120	1.600	0,107		
2	4.520	14.920	6.126	1.606	0,107		
3	4.520	14.920	6.114	1.594	0,107		

Massa Unitária em estado solto:  $0,107 \text{ g/cm}^3$ .

### 4.3 Determinação da Massa Unitária em Estado Compactado.

Como o método proposto pela norma NBR 7252 da ABNT mostrou-se deficiente pela baixa compactação conseguida com a barra de diâmetro 5/8", optou-se pelo especificado na norma DNER-ME 4764 (Método A), normalmente utilizado para a compactação de solos.

#### a) Equipamentos utilizados.

- Molde metálico de 15,20 cm de diâmetro interno e 11,40 cm de altura útil;
- Soquete cilíndrico de face inferior plana de 5,08 cm de diâmetro e 4,5 kg de peso, equipado com dispositivo que regula sua altura de queda em 45,7 cm;
- Balança marca Filizola, modelo precisão 10 g.

#### b) Procedimento.

Após pesado o molde vazio, este foi preenchido com a amostra com o auxílio de uma concha, formando 5 camadas iguais.

Cada camada recebeu 12 golpes com o soquete padronizado. Após completada a moldagem, rasou-se o material

com o auxílio de uma régua de madeira.

Pesou-se o molde com o material.

A Massa Unitária em Estado Compactado foi obtida pelo quociente entre o peso líquido do material contido no molde e o seu volume.

c) Resultado.

Tabela 6 - Massa unitária em estado compactado

Material: Cinza de casca de arroz						
Ensaio nº	Recipiente		Peso do Recipiente + Cinza (g)	Peso da Cinza (g)	Massa Unitária (g/cm <sup>3</sup> )	
	Peso(g)	Volume(cm <sup>3</sup> )				
1	17 570	2 085	18 540	970	0,465	
2	17 570	2 085	18 550	980	0,470	
3	17 570	2 085	18 550	980	0,470	

Massa Unitária em estado compactado: 0,468 g/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.4 Moagem

a) Equipamentos utilizados.

- Moinho de bolas composto por um cilindro metálico com as seguintes dimensões:

Diâmetro Interno: 17 cm;



Comprimento: 29,5 cm;

Rotação: 82 rpm;

Carga: 1,5 kg de cinza de casca de arroz;

Elementos moedores: 5,15 kg de esferas de aço com diâmetros entre 6 e 25 mm.

#### b) Procedimento.

Triturou-se a cinza de casca de arroz em um moinho de bolas durante 1, 2, 4 e 8 horas, obtendo cinzas que foram respectivamente denominadas de RHA-1, RHA-2, RHA-4 e RHA-8.

#### c) Resultados

A eficiência da moagem foi avaliada pela determinação da área específica, conforme demonstra-se no item 4.1.5.

##### 4.1.5 Determinação da Área Específica.

Procedeu-se de acordo com a NBR 7224 da ABNT (Cimento Portland e outros Materiais em Pó - Determinação da Área Específica - Método de Ensaio).

#### a) Equipamentos Utilizados.

- Balança analítica marca Metler, modelo H 80, com precisão de 0,1 mg;

- Cronômetro;
- Permeabilímetro de Blaine, composto por:
  - Célula de permeabilidade;
  - Disco Perfurado;
  - Êmbolo de compactação;
  - Tubo manométrico;
  - Fluido Manométrico;
  - Termômetro de precisão 0,5 °C.
- Funil.

b) Procedimento.

Pesou-se certa quantidade de material, (no caso entre 1,55 e 1,60 g) conforme Tabela 36 dos anexos. Colocou-se, primeiramente, um disco de papel de filtro no fundo da célula de permeabilidade e, a seguir, o material pesado cobrindo-o com outro filtro de papel. Pressionou-se a amostra com o êmbolo de compactação até o ressalto encostar na borda superior da célula.

Conectou-se a célula ao tubo manométrico, aspirando a mangueira até que o líquido atingisse a marca superior do tubo. Fechou-se então a válvula fazendo o ar fluir através da amostra, permitindo que o líquido fosse lentamente retornado à sua posição de equilíbrio.

Anotou-se o tempo que o líquido demorou para descer da segunda a terceira marca do tubo manométrico. Anotou-se também a temperatura nas proximidades do aparelho.

A área específica é dada pela expressão:

$$A_m = \frac{k \cdot E^{3/2} \cdot t^{1/2}}{d \cdot (1-E) \cdot n^{1/2}}$$

onde:

$A_m$  = área específica em massa ( $m^2 \cdot kg^{-1}$ )

$E$  = porosidade da camada.

$t$  = tempo em segundos.

$d$  = massa específica do material em  $Mg \cdot m^3$ .

$n$  = viscosidade dinâmica do ar e  $Pa \cdot s$

$k$  = constante do aparelho.

c) Resultados.

Os resultados resumidos no Gráfico 1, foram obtidos através dos dados detalhados na Tabela 36 dos anexos.

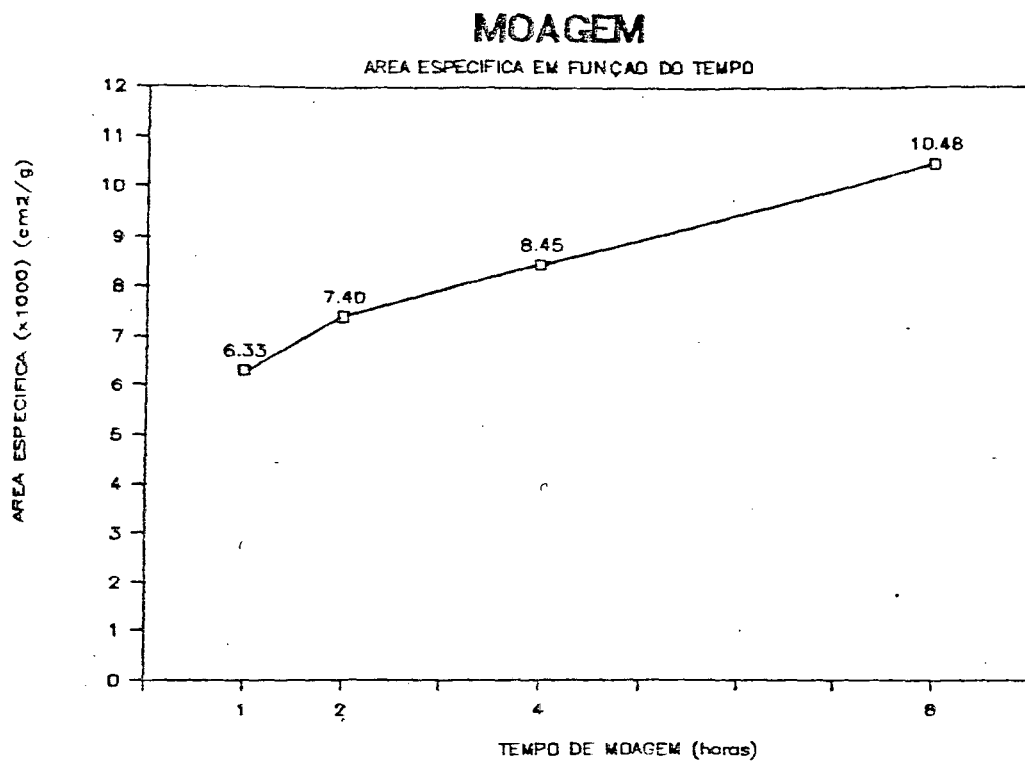


Gráfico 1 - Área específica em função do tempo de moagem

#### 4.1.6 Análise Química:

Os compostos que integram a cinzas de casca de arroz e seus percentuais foram determinados nos laboratórios da CIDASC (Companhia de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina), resultando nos seguintes dados:

Tabela 7 - Composição química da cinza de casca de arroz.

Componente	Percentual
SiO <sub>2</sub>	93,11%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,92%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,40%
CaO	0,52%
MgO	0,85%
NaO <sub>2</sub>	0,12%
K <sub>2</sub> O	1,12%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,20%

#### 4.1.7 Teste de Pozolanicidade.

Cada uma das cinzas obtidas na moagem (RHA-1, RHA-2, RHA-4 e RHA-8), foi submetida ao teste estabelecido pela norma NBR 5751 da ABNT (Cimentos - Método de Determinação da Atividade Pozolânica em Pozolanas).

Este método relaciona a pozzolanicidade com a resistência à compressão de corpos de prova de argamassa composta por Areia Normal, Hidróxido de Cálcio PA e a Pozolana.

##### a) Equipamentos e Materiais Utilizados.

- Moldes Metálicos Cilíndricos 5x10 cm;
- Funil metálico;
- Soquete padronizado;

- Prensa hidráulica marca VEB, modelo ZDM-30, de fabricação alemã;

- Balança eletrônica Marte, modelo Automarte AM 5500 de precisão 0,01 g;

- Hidróxido de Cálcio PA;

- Areia Normal.

b) Procedimento:

Determinou-se, inicialmente, a massa específica do hidróxido de cálcio, conforme a NBR 6774, usando o frasco volumétrico de Le Chatelier, de acordo com o que foi descrito no item 4.1.1 deste trabalho.

As quantidades dos materiais necessários para a confecção de três corpos de prova foram:

Hidróxido de cálcio.....	96 g;
Areia normal.....	864 g;
Pozolana.....	187,44 g.

Misturado o hidróxido de cálcio à pozolana, procedeu-se o amassamento da argamassa conforme a NBR 7215, parte 4, item 3.3.2, adicionando-se água até que o abatimento fosse de 165+/-5 mm no teste da NBR 7215, parte 4, item 5.3.

Os moldes foram cheios em 4 camadas iguais compactadas com 25 golpes do soquete padronizado.

A cura ocorreu em duas etapas: Nas primeiras 24 horas a  $21\pm 2$  °C e em seguida por 6 dias a 55 °C, observadas as condições de vedação dos moldes para que se evitasse a perda de água.

Os corpos de prova foram rompidos após o capeamento com enxofre a quente.

A resistência à compressão que caracterizou a atividade pozolânica resultou da média das resistências dos três corpos de prova.

A Tabela 37 do anexo, contém os dados que foram resumidos no Gráfico 2.

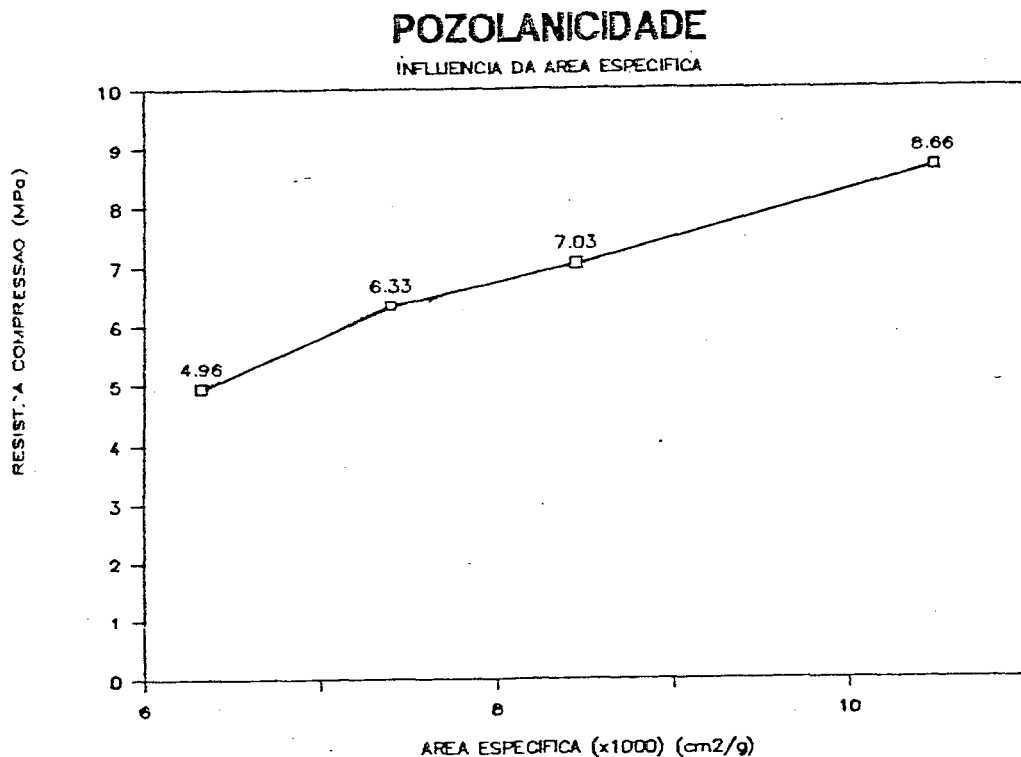


Gráfico 2 - Pozolanicidade em função da área específica

d) Análise dos resultados:

A Norma NBR 5736 fixa em 5 MPa a resistência mínima a ser alcançada por uma pozolana, no teste especificado pela NBR 5751, para que possa ser utilizada na fabricação de cimento pozolânico. Os resultados obtidos no teste de pozolanicidade qualificaram a cinza em estudo, já com uma hora de moagem ( $6,33 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{g}$ ).

Como a pozolanicidade da cinza de casca de arroz cresceu com o aumento de sua área específica, parece-nos claro que, sempre que houver alguma referência aos resultados dos testes de pozolanicidade da NBR 5751, deve-se relacionar, além do material objeto do teste, também sua área específica, ou outro valor que indique seu grau de moagem.

Buscando investigar o efeito que este aumento de pozolanicidade provoca na resistência à compressão de corpos de prova, compostos por cimento com cinza de casca de arroz, resolveu-se adotar a RHA-2 e a RHA-8 nos demais estudos deste programa experimental.



## 4.2 Estudo da Proporção Cimento/Cinza de Casca de Arroz

Na segunda fase do programa experimental investigou-se o comportamento da cinza de casca de arroz, quando substituindo parte do cimento Portland.

Como a bibliografia apresentava como maior problema dos cimentos com pozolana a sua baixa resistência à compressão aos 7 dias, optou-se também pela utilização do Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (ARI), apesar de sua pouca disponibilidade no mercado e do custo adicional de frete.

### 4.2.1 Equipamentos e Materiais.

Utilizaram-se os seguintes materiais e equipamentos:

- Moldes metálicos cilíndricos 5x10 cm;
- Funil;
- Soquete padronizado;
- Misturador mecânico para argamassas;
- Cimento Portland Comum;
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial;
- RHA-2 e RHA-8;
- Areia do Rio Itajaí-Açú.

A composição química dos cimentos utilizados foi determinada nos laboratórios do Serrana S.A., em São Paulo,

e apresentou os resultados constantes da Tabela 8:

Tabela 8 - Composição Química dos Cimentos Utilizados

Componente	Portland Comum	A.R.I.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,38 %	2,72 %
CaO	59,80 %	63,49 %
SiO <sub>2</sub>	18,99 %	19,35 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,48 %	4,96 %
SO <sub>3</sub>	3,11 %	3,59 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,60 %	0,21 %
MgO	5,09 %	1,20 %
K <sub>2</sub> O	0,55 %	0,62 %
TiO <sub>2</sub>	0,35 %	0,23 %
Na <sub>2</sub> O	0,13 %	0,10 %
perda ao Fogo	2,99 %	3,92 %

Estes resultados apontam para a seguinte composição provável, determinada segundo o Método de Bogue modificado, conforme a ASTM C 150/77, relatado por Basílio.[7]

Tabela 9 - Composição provável dos cimentos utilizados.

Componente	Portland Comum	A.R.I.
C <sub>3</sub> S	55,32%	63,97%
C <sub>2</sub> S	12,71%	7,22%
C <sub>3</sub> A	6,15%	8,54%
C <sub>4</sub> AF	10,30%	8,27%

A areia, proveniente do Rio Itajaí Açú, foi seca em estufa e dividida em frações retidas entre as peneiras 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm e 0,15 mm, de forma similar ao descrito na Norma NBR 7214 da ABNT.

#### 4.2.2 Procedimento:

As condições observadas durante a realização dos ensaios estão resumidas na matriz morfológica apresentada na figura 15.

Os aglomerantes pesquisados continham os seguintes percentuais de RHA (em peso), em substituição ao cimento Portland Comum e de Alta Resistência Inicial: 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, e 35%. A mistura da cinza ao cimento deu-se no moinho de bolas durante 15 minutos.

Para a moldagem de seis corpos de prova foram usadas as seguintes quantidades de materiais:

Aglomerante (cimento+cinza):.....	624 g;
Areia: (Cada fração: 468 g.).....	1.872 g;
Água: .....	300 g.

O traço utilizado foi, portanto, 1:3 e o fator água/aglomerante 0,48.

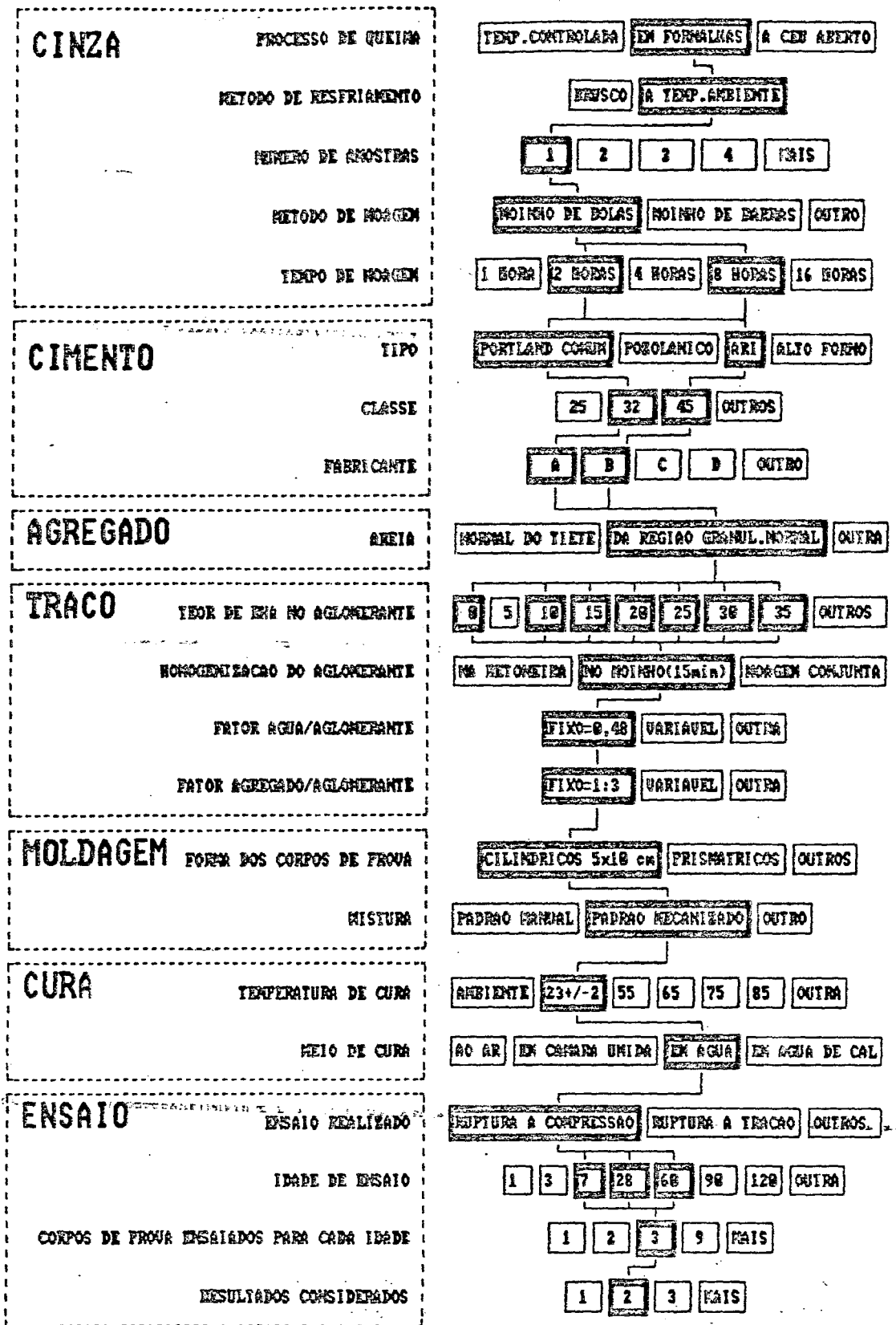


Figura 15 - Condições estabelecidas no estudo cimento/cinza

As argamassas foram confeccionadas em Misturador Mecânico (especificado pela NBR 7215, ítem 6.1.3), conforme o procedimento indicado pela NBR 7215 da ABNT, ítem 6.2.3.2, ou seja:

- Nos primeiros 30 segundos, em velocidade baixa, misturou-se o cimento e a água;
- Nos 30 segundos seguintes, adicionou-se gradativamente a areia;
- Passando a velocidade do misturados para alta, continuou-se a mistura por mais 30 segundos;
- Desligou-se o misturador pelos próximos 90 segundos, sendo que, nos primeiros 15 segundos, soltou-se a argamassa presa à pá ou ao recipiente, com o auxílio de uma espátula;
- Após este intervalo, o misturador foi novamente acionado em velocidade alta, por mais 1 minuto.

A moldagem dos corpos de prova obedeceu a NBR 7215, ítem -6.2.4, ou seja, encheu-se cada molde em 4 camadas compactadas com 30 golpes moderados do soquete padronizado, conforme ítem 6.1.7 da mesma norma.

A cura dos corpos de prova ocorreu em câmara úmida por 24 horas, e o restante do tempo, submersos em água a uma temperatura de  $23 \pm 2$  °C.

#### 4.2.3 Resultados.

Os gráficos 3,5,7 e 9 sintetizam os resultados obtidos neste estudo, que estão detalhados nas Tabelas 36, 37, 38, e 39 dos anexos.

Os gráficos 4,6,8 e 10 indicam a variação percentual dos resultados obtidos pelos aglomerantes tipo cimento/cinza em relação ao cimento puro.

Nos gráficos 11, 12 e 13 identificou-se o efeito da variação da Área Específica neste estudo.

### CIMENTO PORTLAND / RHA-2

RESIST.ª COMPRESSAO (7, 28 E 60 DIAS)

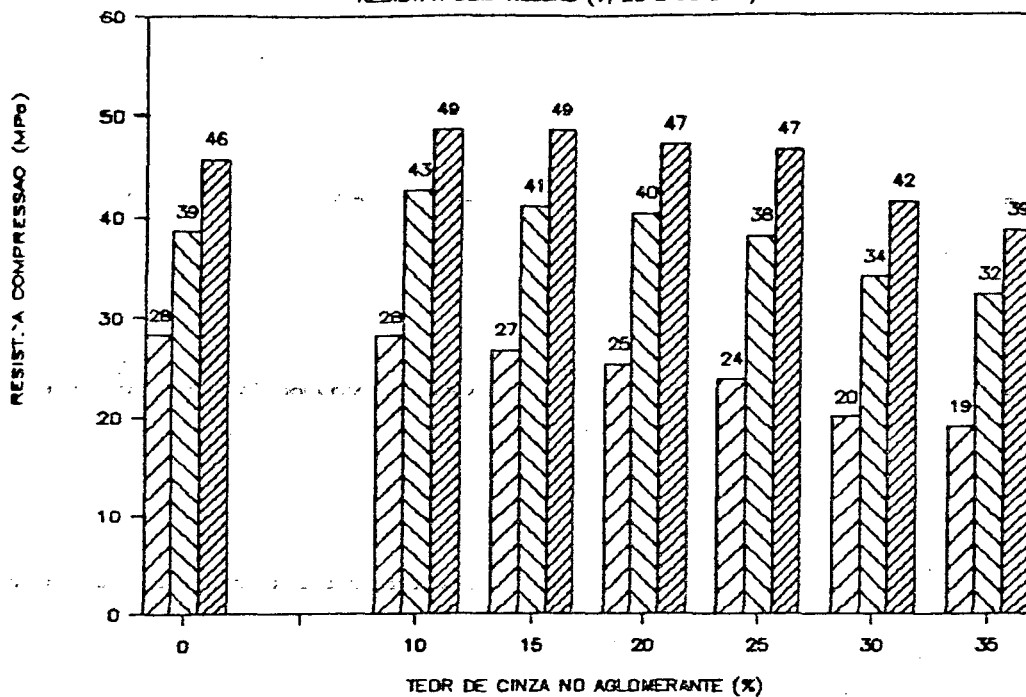


Gráfico 3 - Resistência à compressão - cimento portland/RHA-2

### VARIACAO DA RESISTENCIA PORTLAND/RHA-2

VARIACAO DA RESIST.EM RELACAO AO PADRAO

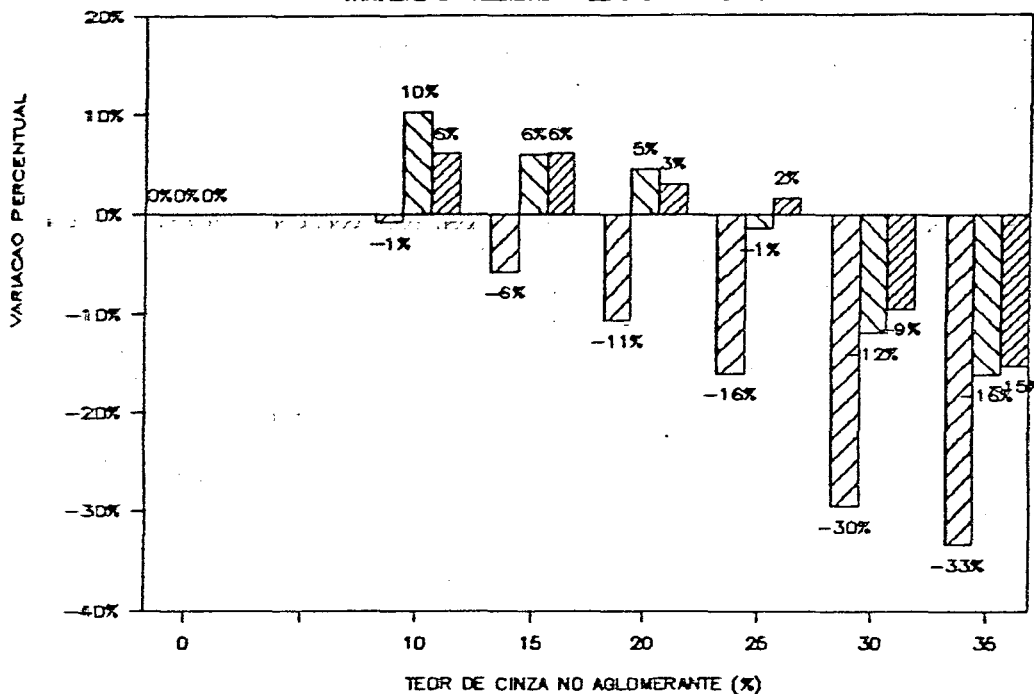


Gráfico 4 - Variação da resistência à compressão em relação ao padrão - cimento portland/RHA-2

LEGENDA

7 DIAS

28 DIAS

60 DIAS

### CIMENTO PORTLAND / RHA-8

RESIST.ª COMPRESSAO (7, 28 E 60 DIAS)

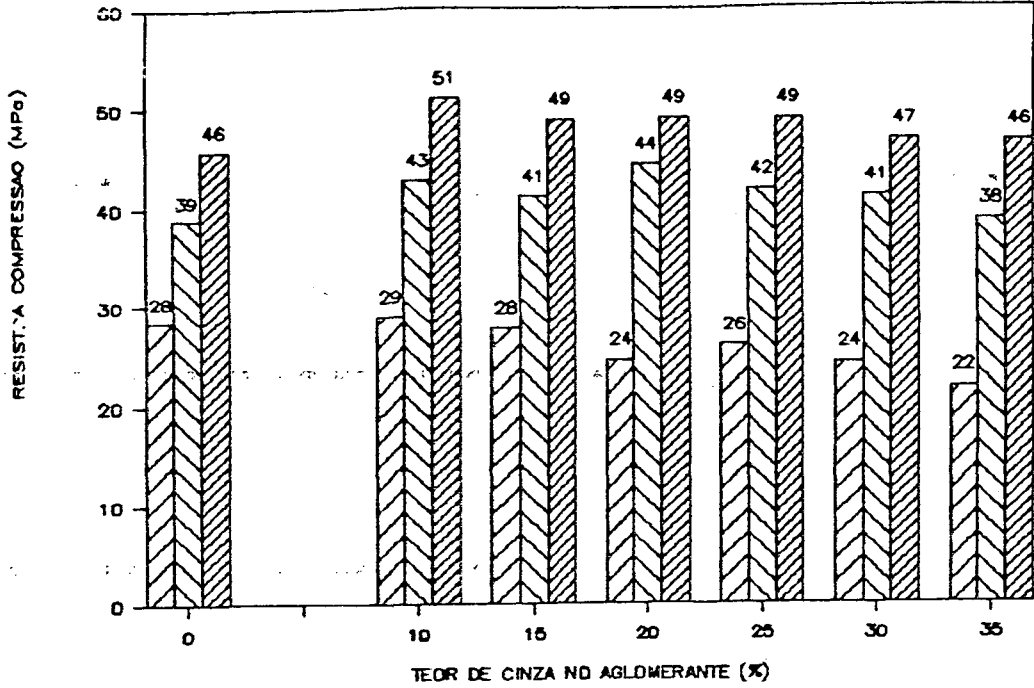


Gráfico 5 - Resistência à compressão - cimento portland/RHA-8.

### VARIACAO DA RESISTENCIA PORTLAND/RHA-8

VARIACAO DA RESIST.EM RELACAO AO PADRAO

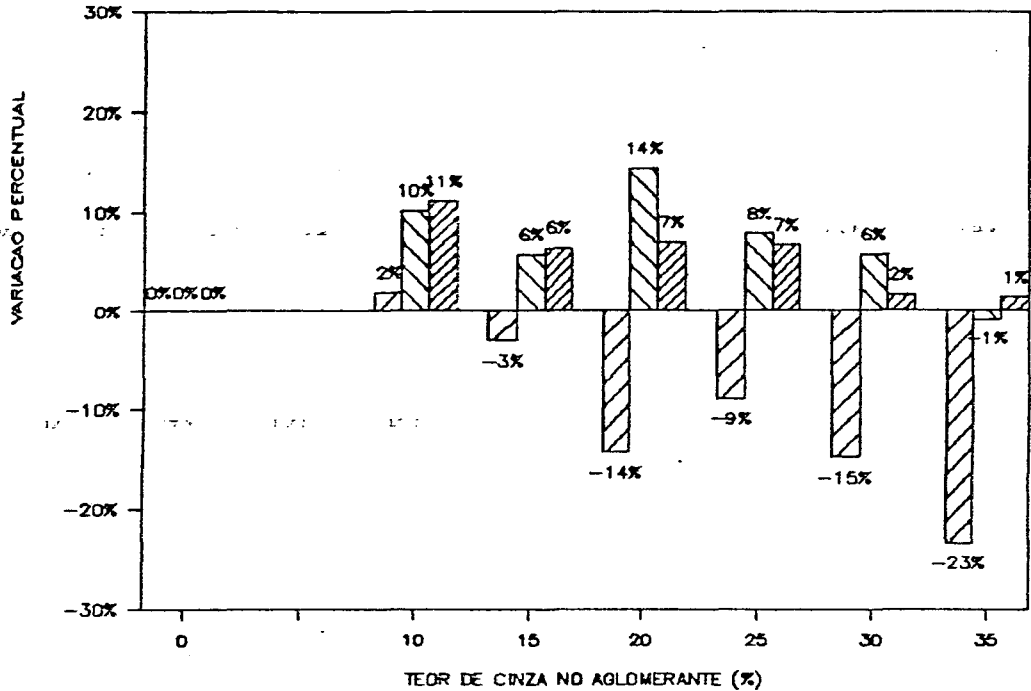


Gráfico 6 - Variação da resistência à compressão em relação ao padrão - cimento portland/RHA-8

LEGENDA

7 DIAS

28 DIAS

60 DIAS



### CIMENTO ARI / RHA - 2

RESIST.ª COMPRESSAO (7, 28 e 60 dias)

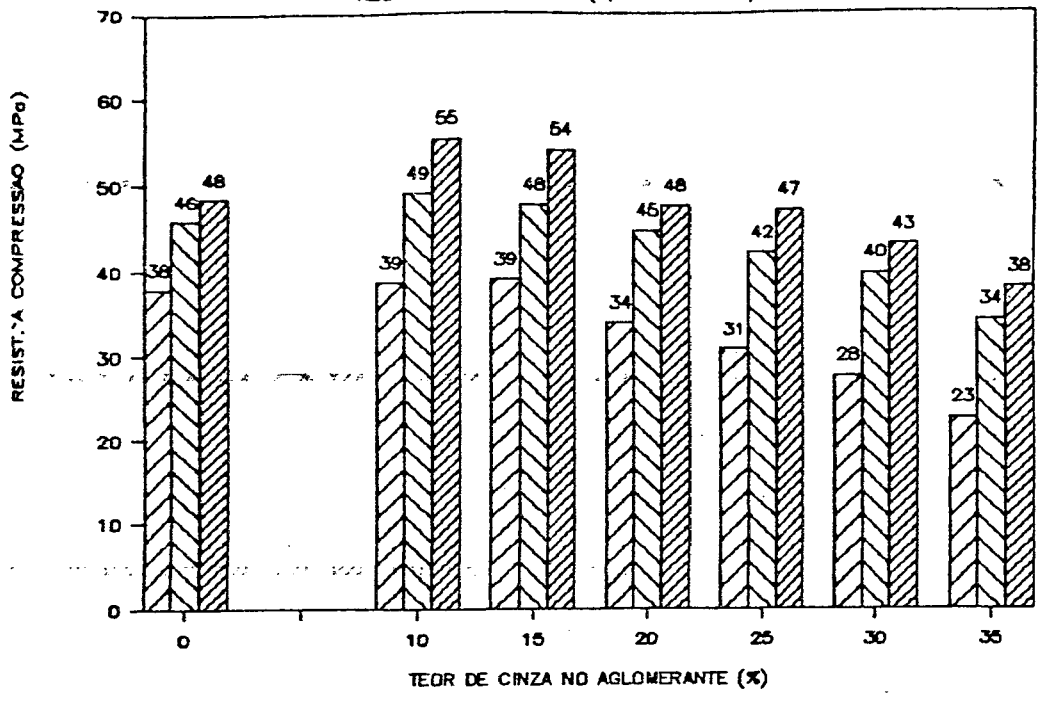


Gráfico 7 - Resistência à compressão - cimento ARI/RHA-2

### VARIACAO DA RESISTENCIA ARI/RHA-2

VARIACAO DA RESIST.EM RELACAO AO PADRAO

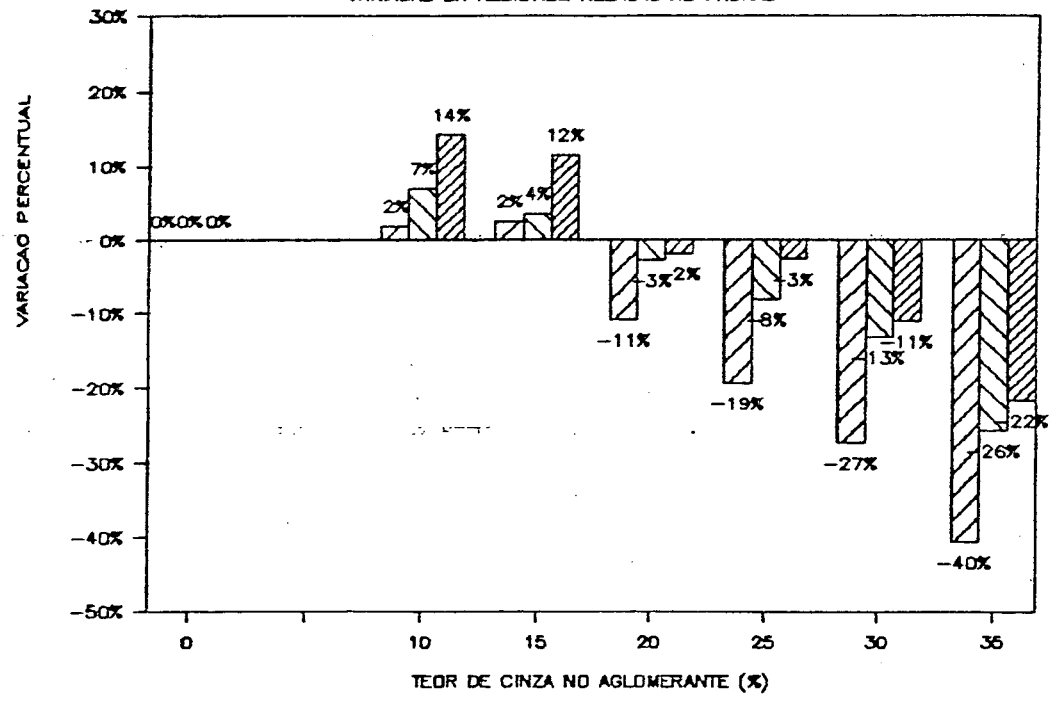
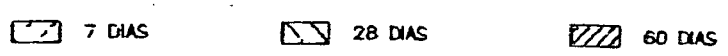


Gráfico 8 - Variação da resistência à compressão em relação ao padrão - cimento ARI/RHA-2

LEGENDA



### CIMENTO ARI / RHA-8

RESIST. A COMPRESSAO (7, 28 E 60 DIAS)

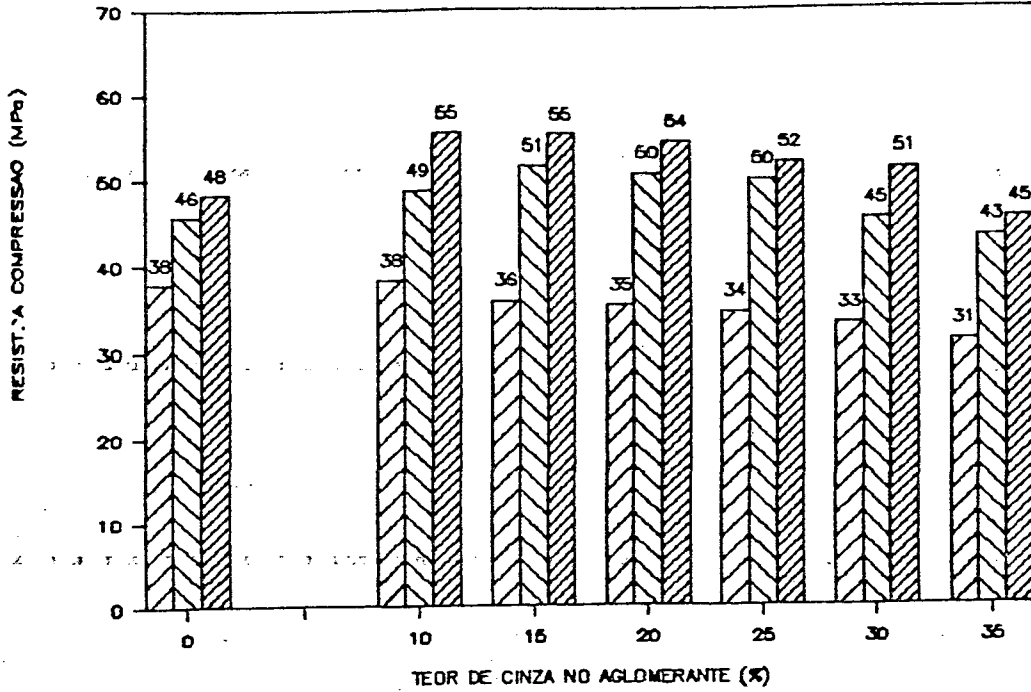


Gráfico 9 - Resistência à compressão - cimento ARI/RHA-8

### VARIACAO DA RESISTENCIA ARI/RHA-8

VARIACAO DA RESIST. EM RELACAO AO PADRAO

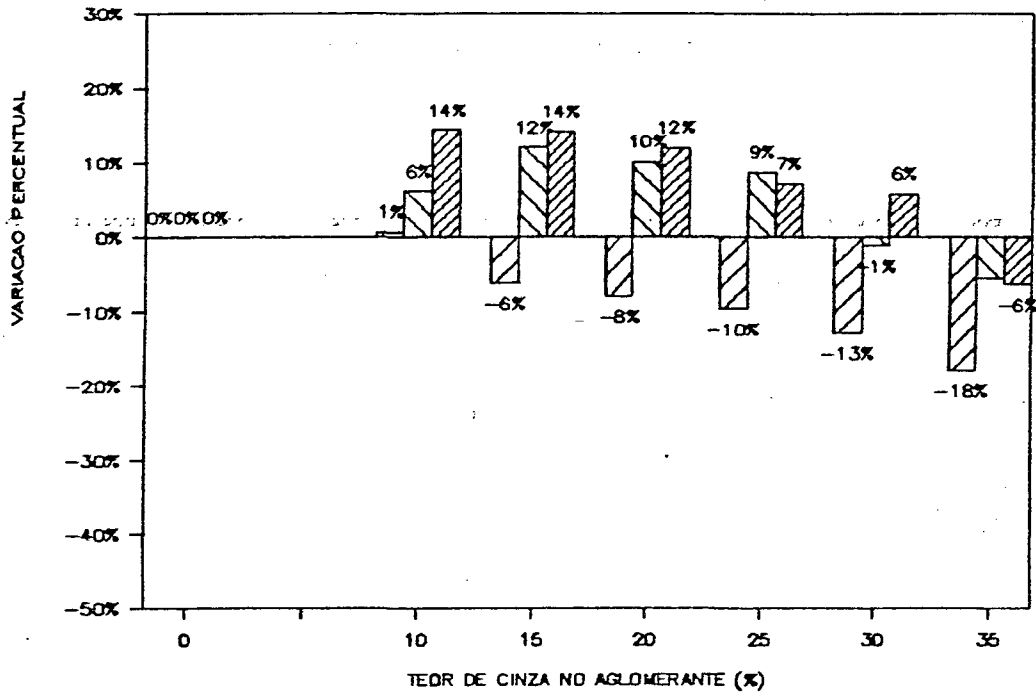


Gráfico 10 - Variação da resistência à compressão em relação ao padrão - cimento ARI/RHA-8

LEGENDA

7 DIAS

28 DIAS

60 DIAS

## PORTLAND/RHA-2 x PORTLAND/RHA-8

RESISTENCIA AOS 7 DIAS

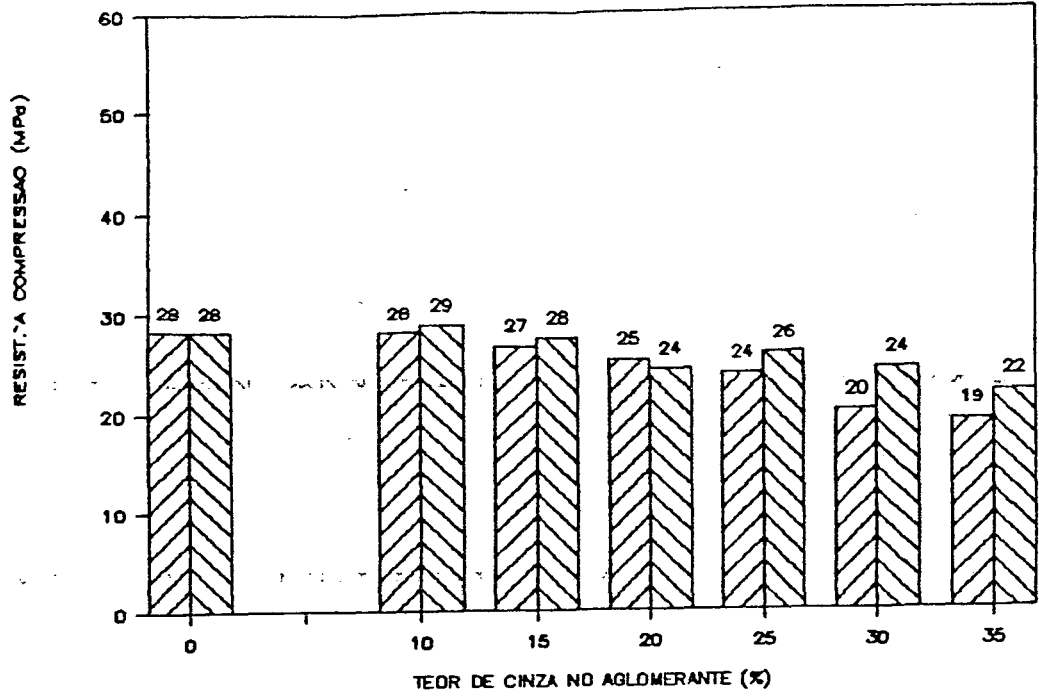


Gráfico 11 - Comparação entre portland/RHA-2 e portland/RHA-8 aos 7 dias

## PORTLAND/RHA-2 x PORTLAND/RHA-8

RESISTENCIA AOS 28 DIAS

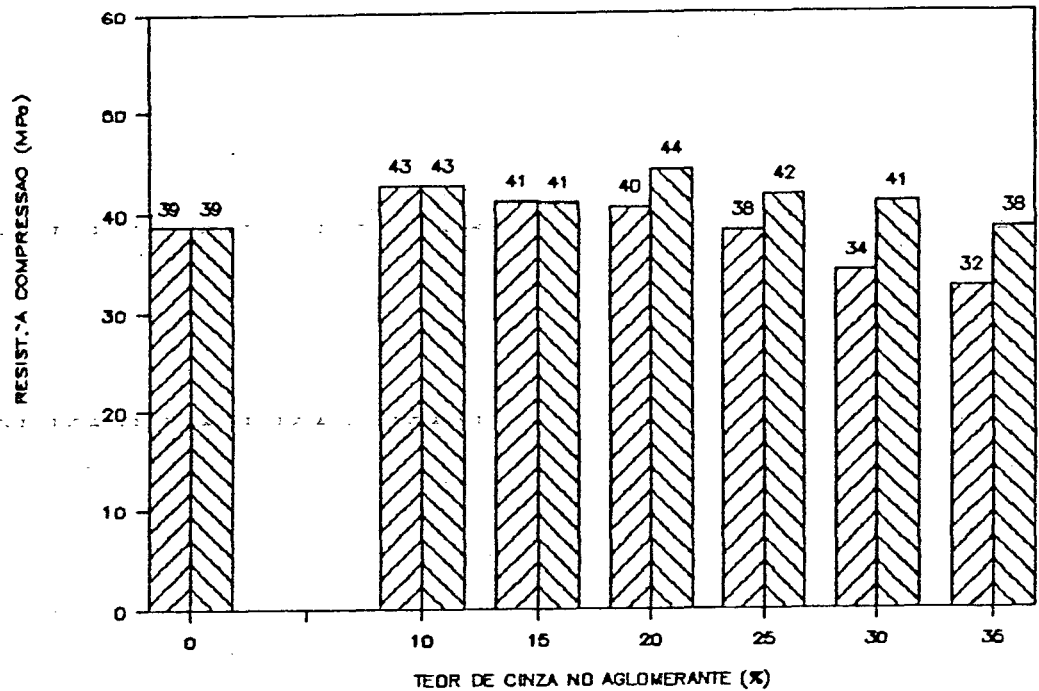


Gráfico 12 - Comparação entre portland/RHA-2 e portland/RHA-8 aos 28 dias

LEGENDA

 RHA-2
  RHA-8

## PORTLAND/RHA-2 x PORTLAND/RHA-8

RESISTENCIA AOS 60 DIAS

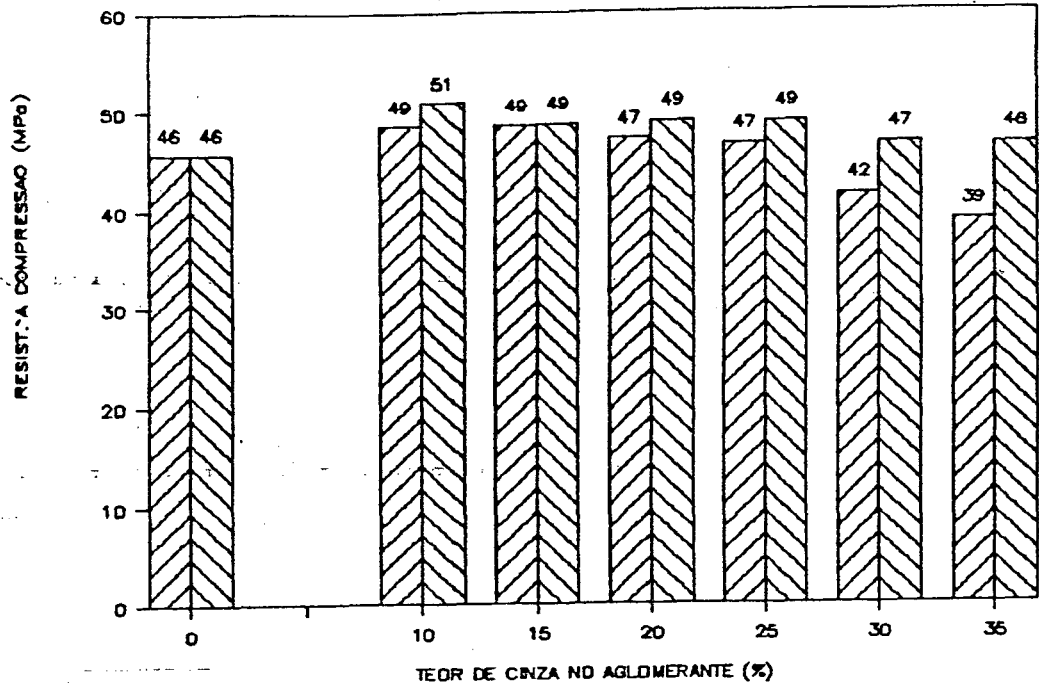



Gráfico 13 - Comparação entre portland/RHA-2 e portland/RHA-8 aos 60 dias

LEGENDA

 RHA-2

 RHA-8

#### 4.2.3- Avaliação dos Resultados.

Para a definição da melhor proporção cimento/cinza, utilizou-se o seguinte critério:

a) Idade de análise: 28 dias;

b) Melhor proporção: aquela que representou maior ganho relativo de resistência em relação ao cimento puro.

Segundo este critério selecionou-se para a continuidade dos estudos, aglomerantes em que a teor de cinza representou:

- 20% de RHA-8 ou 10% de RHA-2 para o Cimento Portland Comum;

- 15% de RHA-8 ou 10% de RHA-2 para o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

Outros resultados importantes identificados neste estudo, e que serão úteis para futuros testes de viabilidade econômica, foram as proporções de resistência equivalente. Trata-se das proporções cimento/cinza em que a resistência da argamassa equivale à da argamassa do cimento puro. Estes aglomerantes apresentaram os seguintes teores de cinza:

- 35% de RHA-8 ou 25% de RHA-2 para o Cimento Portland Comum;

- 30% de RHA-8 ou 20% de RHA-2 para o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

Os gráficos indicaram uma equivalência de comportamento entre os cimentos compostos por RHA-2 e RHA-8 para teores de cinza abaixo de 20%, e na medida em que os teores de cinza e a idade dos corpos de prova aumentam estabeleceu-se uma supremacia dos resultados da RHA-8 sobre a RHA-2.

### 4.3 Estudo da Proporção Cal/Cinza.

Neste estudo, buscou-se o conhecimento do desempenho da cinza de casca de arroz, quando misturada à cal hidratada em proporções variadas.

#### 4.3.1 Materiais e equipamentos utilizados.

A cal utilizada, apresentou a seguinte composição química:

Tabela 10 - Composição química da cal.

Componente	Percentual
Ca O .....	37,87%
Mg O .....	25,49%
Perda ao fogo (incluindo H <sub>2</sub> O e CO <sub>2</sub> ).....	26,55%
Resíduo insolúvel.....	8,97%

A composição provável do calcário que originou esta cal, é a seguinte:

Tabela 11- Composição provável do calcário

Mineral	Percentual
Dolomita .....	86,27%
Calcita .....	2,86%
Anidrita .....	1,90%
Impurezas .....	8,97%

Esta composição caracteriza a cal como dolomítica.

Todos os equipamentos e demais materiais utilizados forma os mesmos relatados no item 4.2.1, exceto os cimentos, que foram substituídos pela cal hidratada dolomítica.

#### 4.3.2 Procedimento.

Nas condições de ensaio, resumidas na matriz morfológica (figura 16), notam-se algumas diferenças com relação ao estudo anterior, ou sejam:



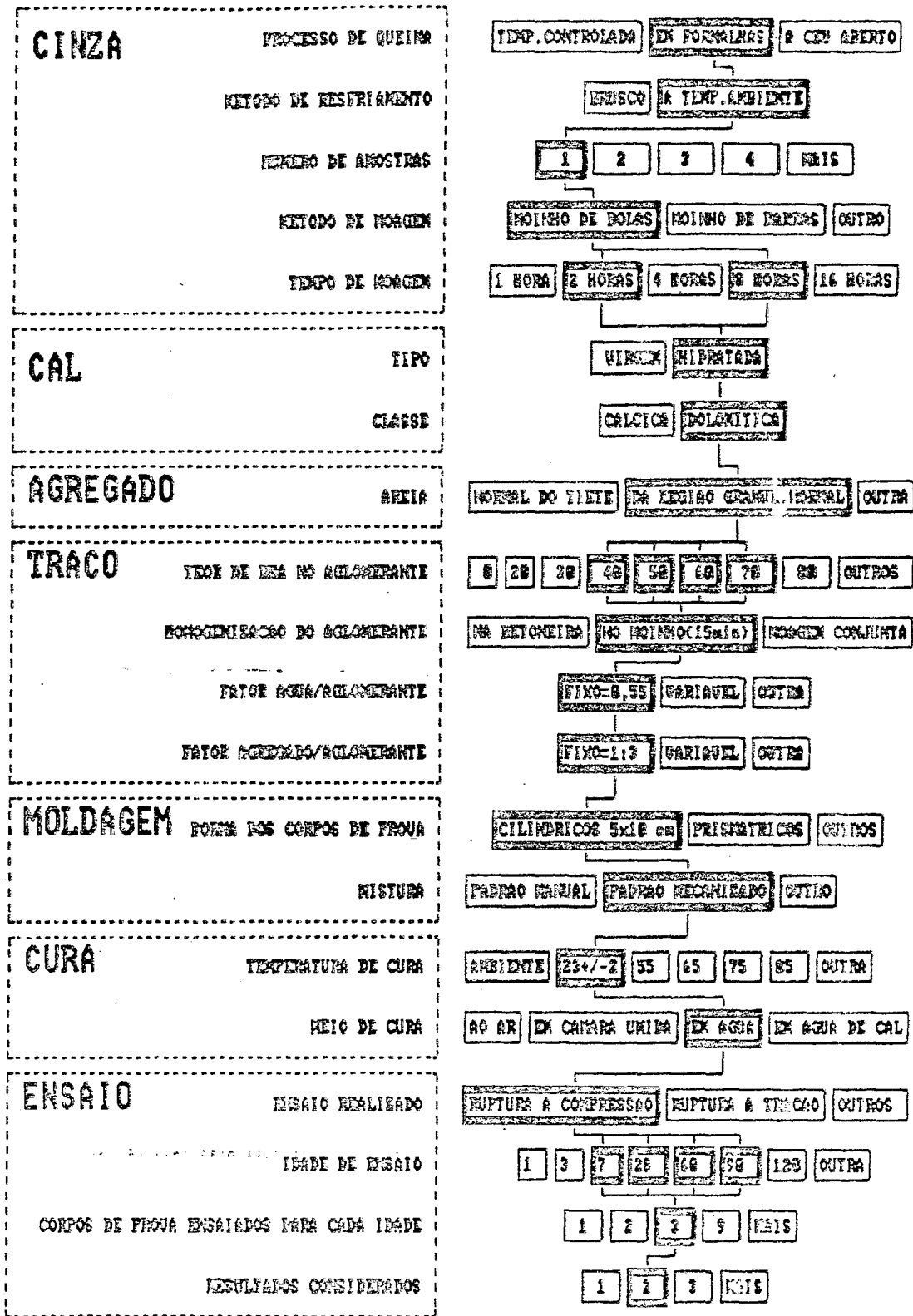


Figura 16 - Condições estabelecidas no estudo cal/cinza

- Fator água/aglomerante, adotado 0,55 para todas as argamassas deste estudo;

- Teor de cinza no aglomerante: 40%, 50%, 60%, e 70%;

Idade de rompimento dos corpos de prova: 7, 28, 60 e 90 dias.

#### 4.3.3 Resultados obtidos:

As resistências das argamassas de cal e RHA-2 e de cal e RHA-8 estão demonstradas nos gráficos 14 e 15 , e comparadas nos gráficos 16, 17, 18 e 19.

Nas tabelas 40 e 41, dos anexos, encontra-se detalhados os valores obtidos neste estudo.

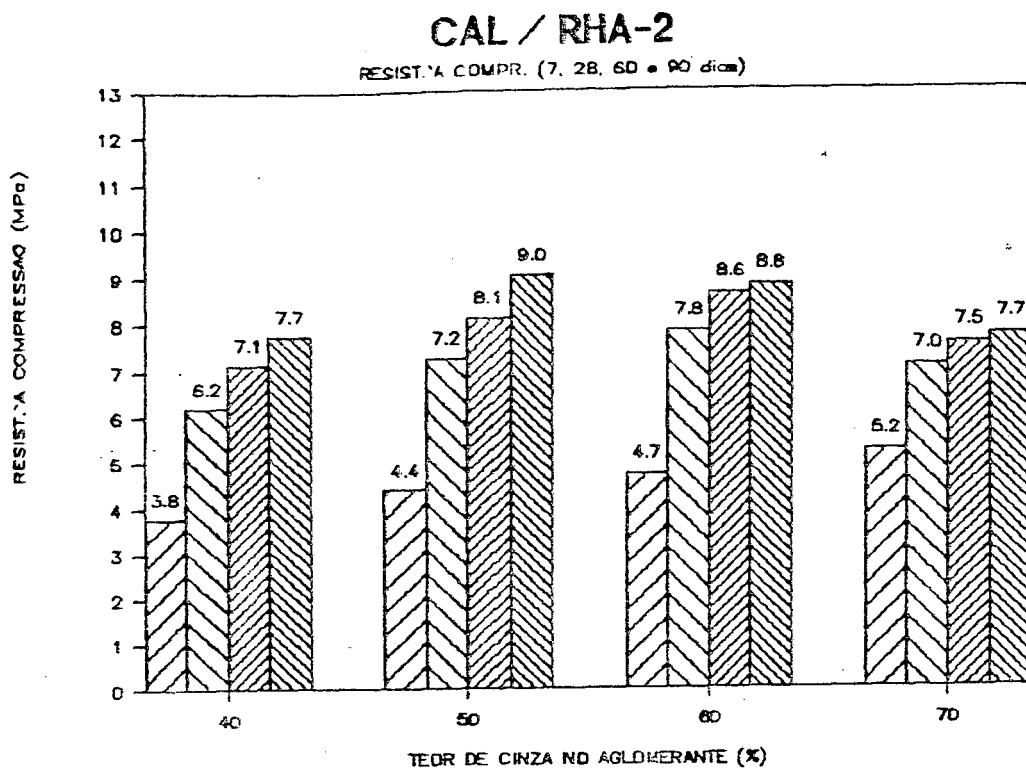


Gráfico 14 - Resistência à Compressão - cal/RHA-2

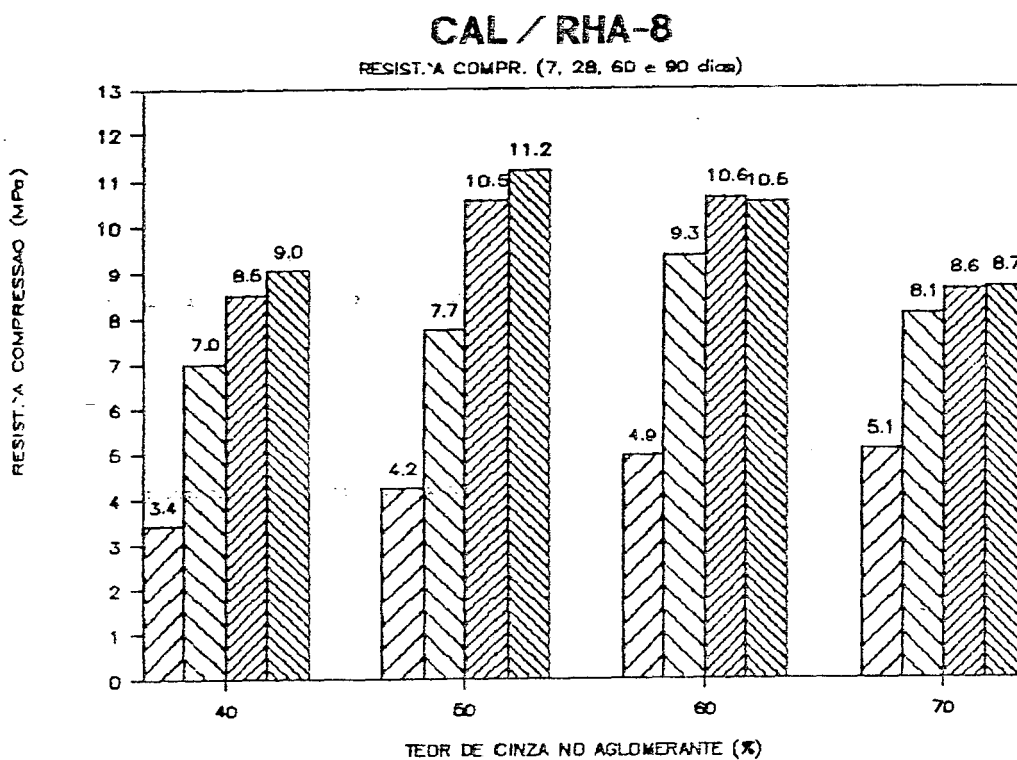


Gráfico 15 - Resistência à Compressão - cal/RHA-8

LEGENDA

7 DIAS

28 DIAS

60 DIAS

90 DIAS

### CAL/RHA-2 x CAL/RHA-8

RESISTENCIA AOS 7 DIAS

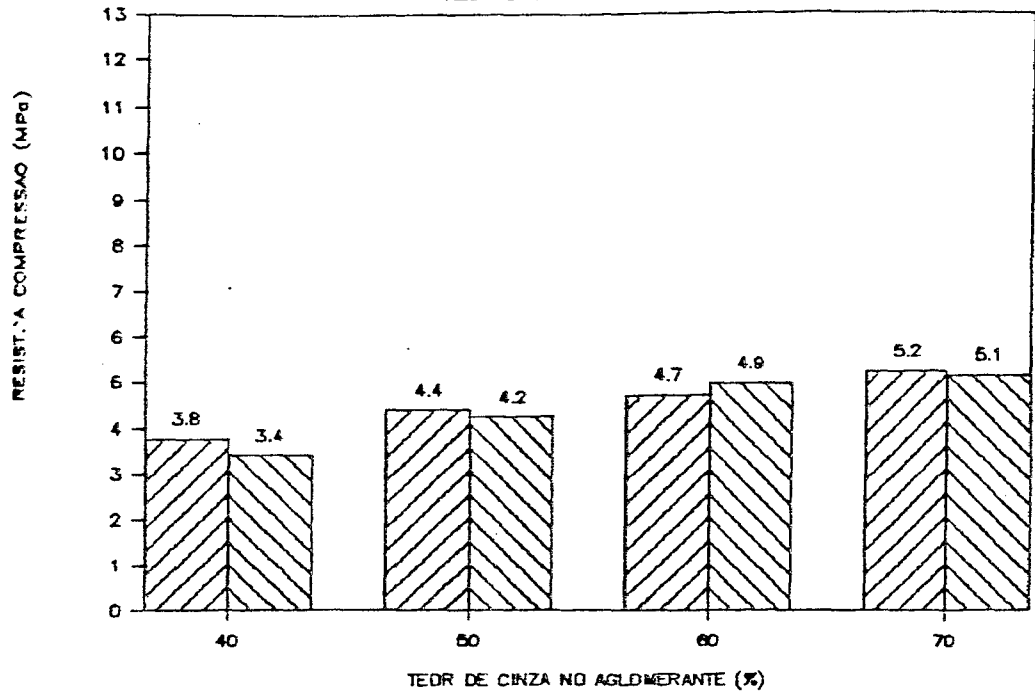


Gráfico 16 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 7 dias

### CAL/RHA-2 x CAL/RHA-8

RESISTENCIA AOS 28 DIAS

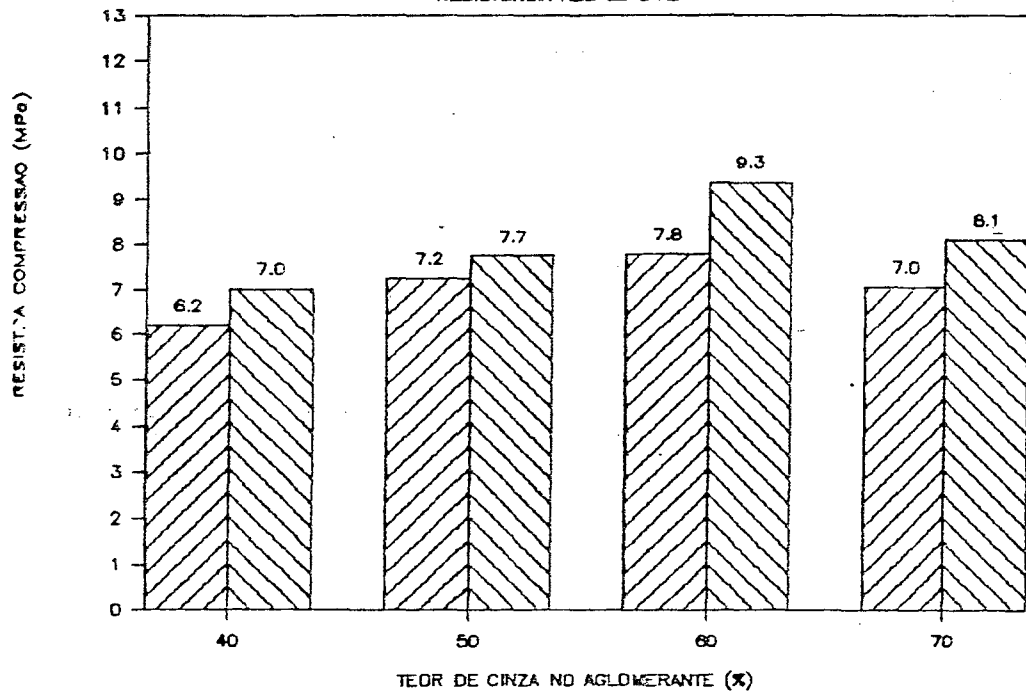


Gráfico 17 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 28 dias

LEGENDA



RHA-2



RHA-8

### CAL/RHA-2 x CAL/RHA-8

RESISTENCIA AOS 60 DIAS

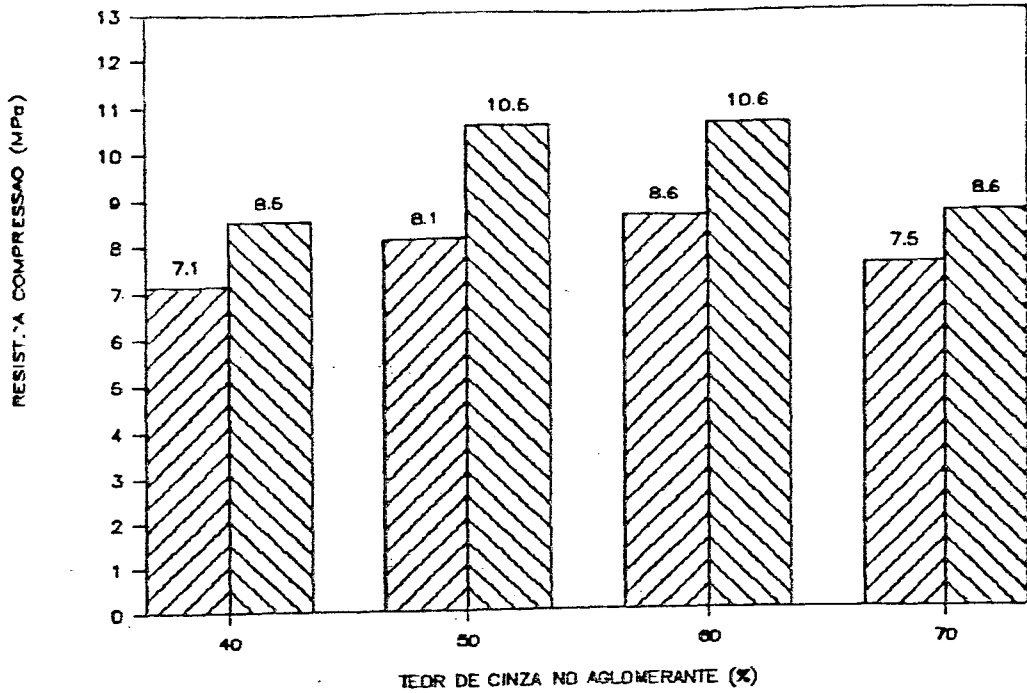


Gráfico 18 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 60 dias

### CAL/RHA-2 x CAL/RHA-8

RESISTENCIA AOS 90 DIAS

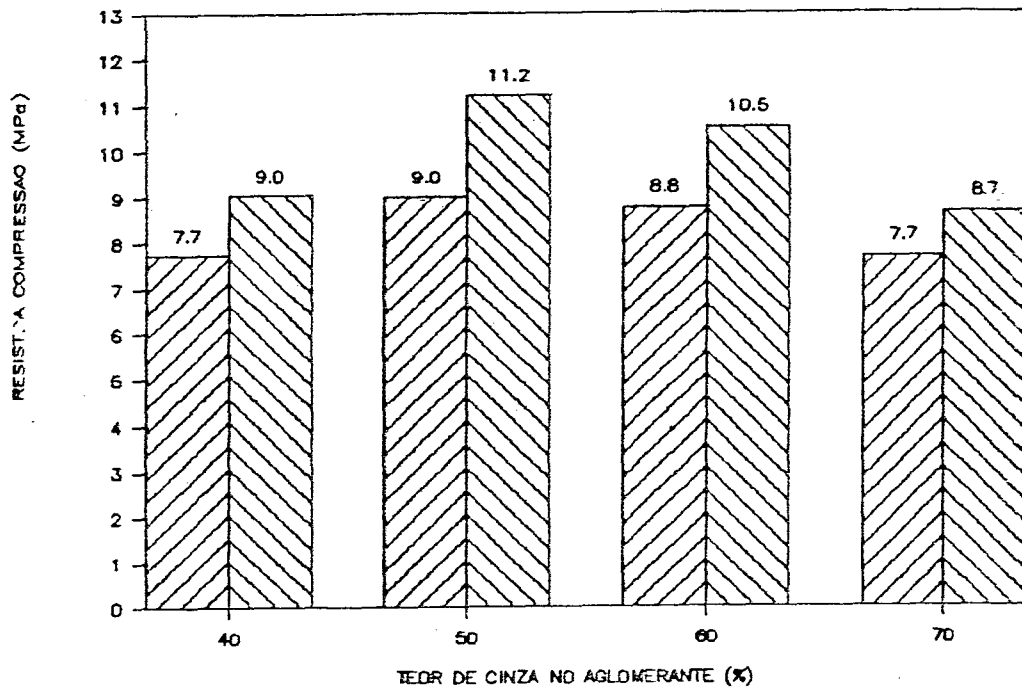


Gráfico 19 - Comparação entre cal/RHA-2 e cal/RHA-8 aos 90 dias

LEGENDA

RHA-2

RHA-8

#### 4.3.4 Avaliação dos resultados.

Como critério para seleção da melhor proporção cal/cinza de casca de arroz, adotou-se a idade de 28 dias. Melhor foi entendido como a proporção que apresentou a maior resistência à compressão.

Em consequência selecionou-se: 60% de cinza e 40% de cal como sendo o melhor resultado, tanto para a RHA-2 quanto para a RHA-8.

Observou-se que aos 7 dias as resistências à compressão das argamassas com maior teor de cinza foram superiores. Isto se explica pelo maior volume e pela melhor microestrutura das pastas (propriedades físicas), entretanto, com a intensificação da reação pozolânica (propriedades químicas), estabeleceu-se a supremacia dos aglomerantes com teor de cinza entre 50% e 60%.

#### 4.4 Estudo da proporção cimento/cal/cinza.

Na seção 4.2 obteve-se a proporção ideal de cinza, capaz de reagir com a cal de hidratação do clínquer portland, resultando na argamassa de maior resistência à compressão.

Da mesma forma no subcapítulo 4.3 encontrou-se o teor de cinza ideal para se combinar com a cal.

A combinação dos dois resultados obtidos anteriormente proporcionou a composição de aglomerantes tipo cimento/cal/cinza, com desempenho e custos variáveis, aplicáveis em diversos usos, como alvenarias, pisos, revestimentos, etc.

O Fluxograma a seguir, ilustra a forma adotada na integração dos dois estudos anteriores, enquanto que a tabela 12 mostra a composição dos aglomerantes.

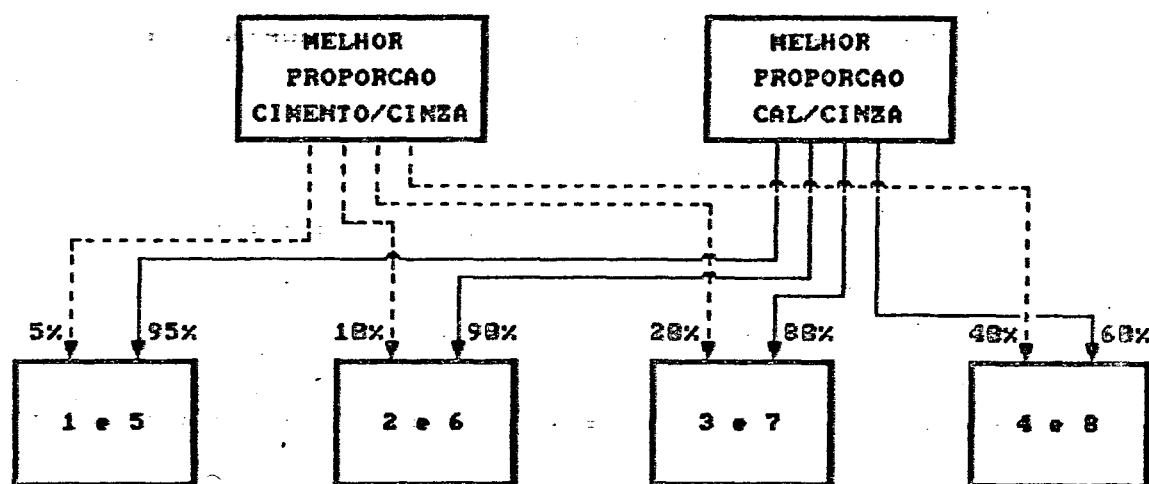


Figura 17 - Integração dos estudos cimento/cinza e cal/cinza

#### 4.4.1 Materiais e equipamentos utilizados.

Utilizaram-se os mesmos materiais e equipamentos descritos anteriormente.

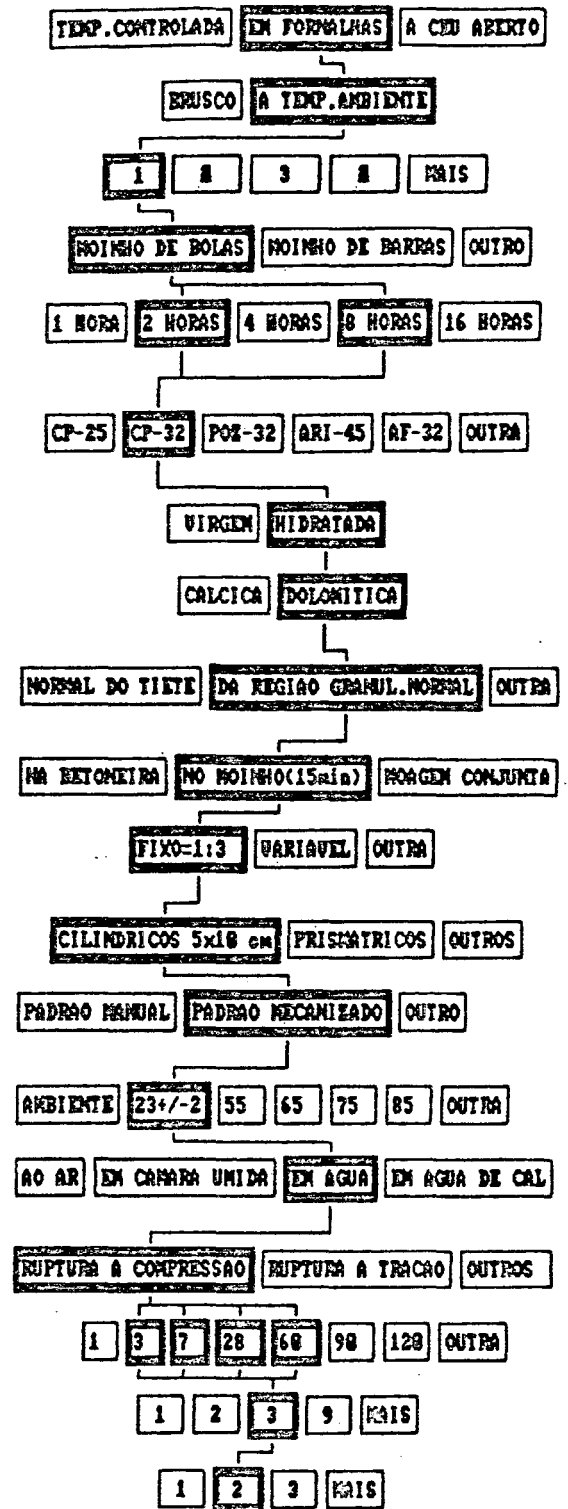
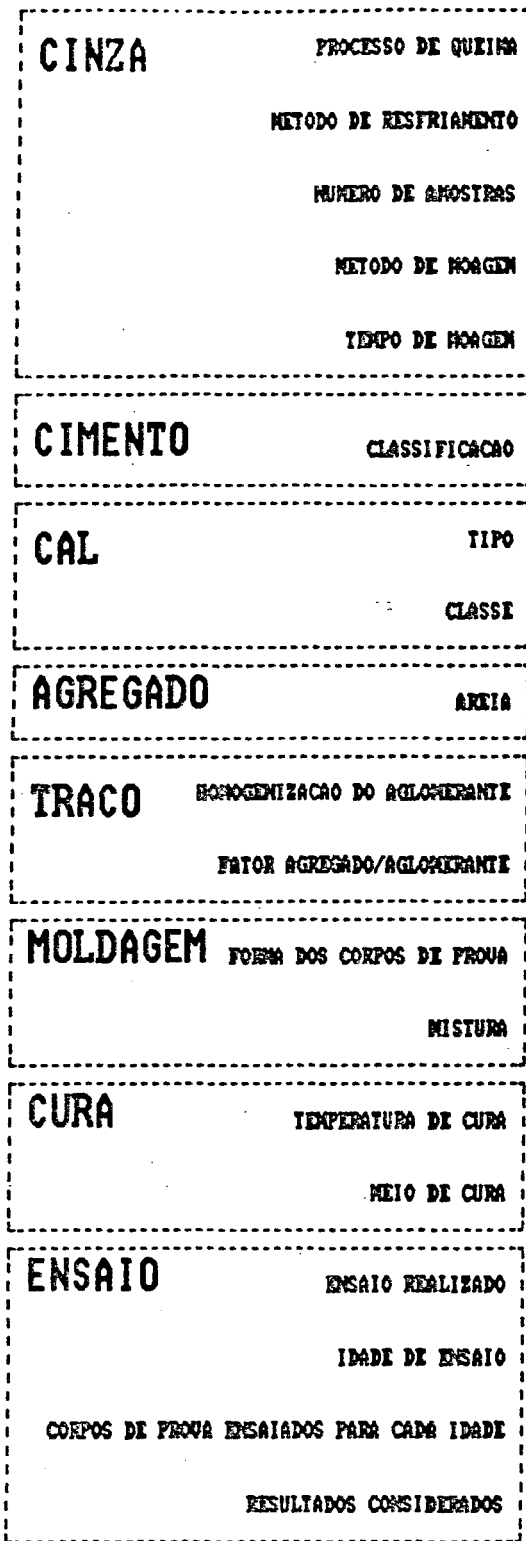
#### 4.4.2 Procedimento.

A figura 18 estabelece as condições de ensaio de forma semelhante ao que ocorreu em ítems anteriores, diferenciando-se a idade de ruptura dos corpos de prova, ocorrida aos 3, 7, 28 e 60 dias.

#### 4.4.3 Resultados Obtidos.

Os gráficos 20 e 21 refletem o resultado do estudo, que se encontram detalhados nas tabelas 42 e 43 dos anexos.





OBS: COMPOSICAO DOS AGLOMERANTES E FATOR AGUA/AGLOMERANTE CONFORME TABELA

Figura 18 - Condições estabelecidas no estudo cimento/cal/cinza

## CIMENTO / CAL / RHA-2

RESIST.ª COMPR. (3, 7, 28 e 60 dias)

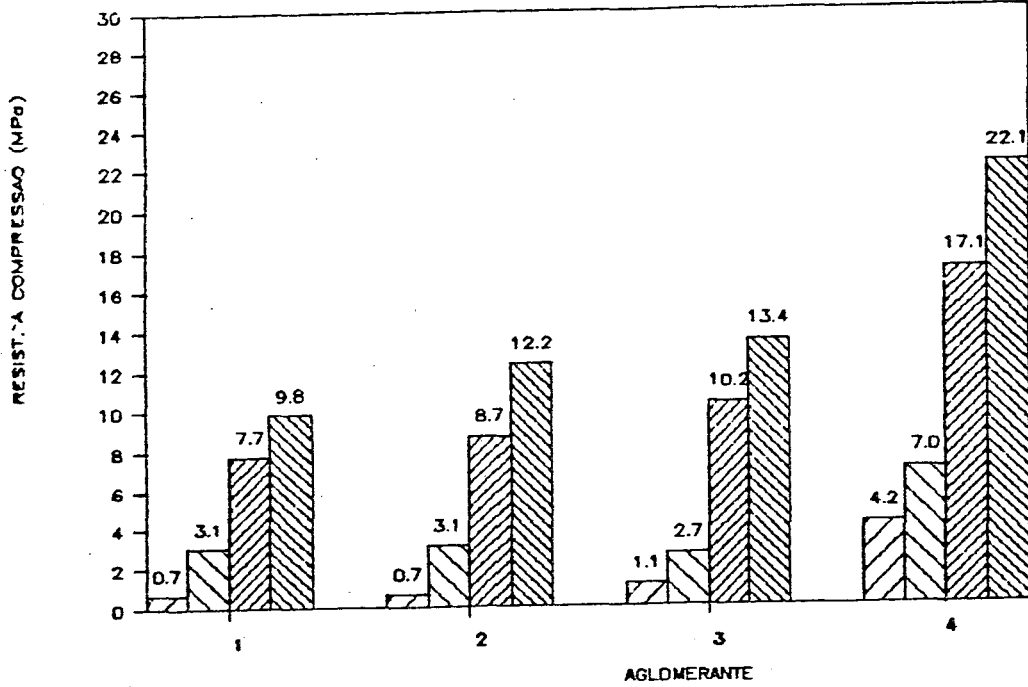


Gráfico 20 - Resistência à compressão -  
cimento/cal/RHA-2

LEGENDA

▨ 3 DIAS

▧ 7 DIAS

▩ 28 DIAS

▪ 60 dias

Tabela 12 - Composição dos aglomerantes  
cimento/cal/cinza

CINZA	AGLOMERANTE	CIMENTO CINZA	CAL CINZA	CIMENTO	CAL	CINZA
RHA-2	1	5%	95%	4.5%	38%	57.5%
	2	10%	90%	9%	36%	55%
	3	20%	80%	18%	32%	50%
	4	40%	60%	45%	28%	35%
RHA-8	5	5%	95%	4%	38%	50%
	6	10%	90%	8%	36%	56%
	7	20%	80%	16%	32%	52%
	8	40%	60%	40%	28%	40%

FATOR AGUA/AGLOMERANTE CONSTANTE 0,55

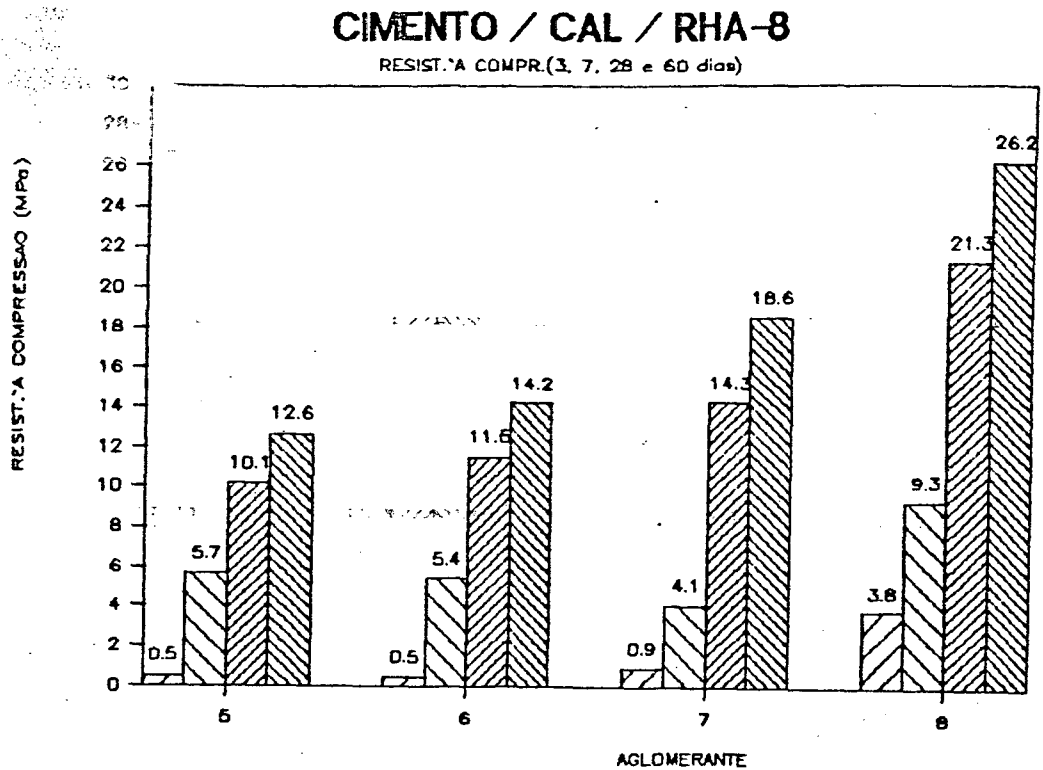


Gráfico 21 - Resistência à compressão - cimento/cal/RHA-8

#### 4.4.4 Avaliação dos resultados:

Proporções diferentes de cimento/cal/cinza de casca de arroz geraram aglomerantes com resistência à compressão proporcional ao teor de cimento Portland empregado. Como o cimento portland tem, a princípio, um custo superior ao da cal e da cinza, pode-se optar por um aglomerante cimento/cal/cinza compatível com a resistência exigida pela tarefa e com a composição mais econômica, através dos gráficos 20 e 21.

#### 4.5 EFEITO DA CURA TÉRMICA.

Em teste exploratório, curaram-se corpos de prova de algumas argamassas selecionadas nos estudos anteriores, à temperatura de 65 °C, observadas as mesmas condições de dosagem, mistura e moldagem.

Os aglomerantes escolhidos para estes testes encontram-se descritos na tabela 13.

##### 4.5.1 Materiais e equipamentos utilizados.

Empregaram-se os mesmos materiais e equipamentos dos ensaios anteriores, além da estufa de esterilização e secagem, utilizada para a elevação da temperatura.

##### 4.5.2 Procedimento.

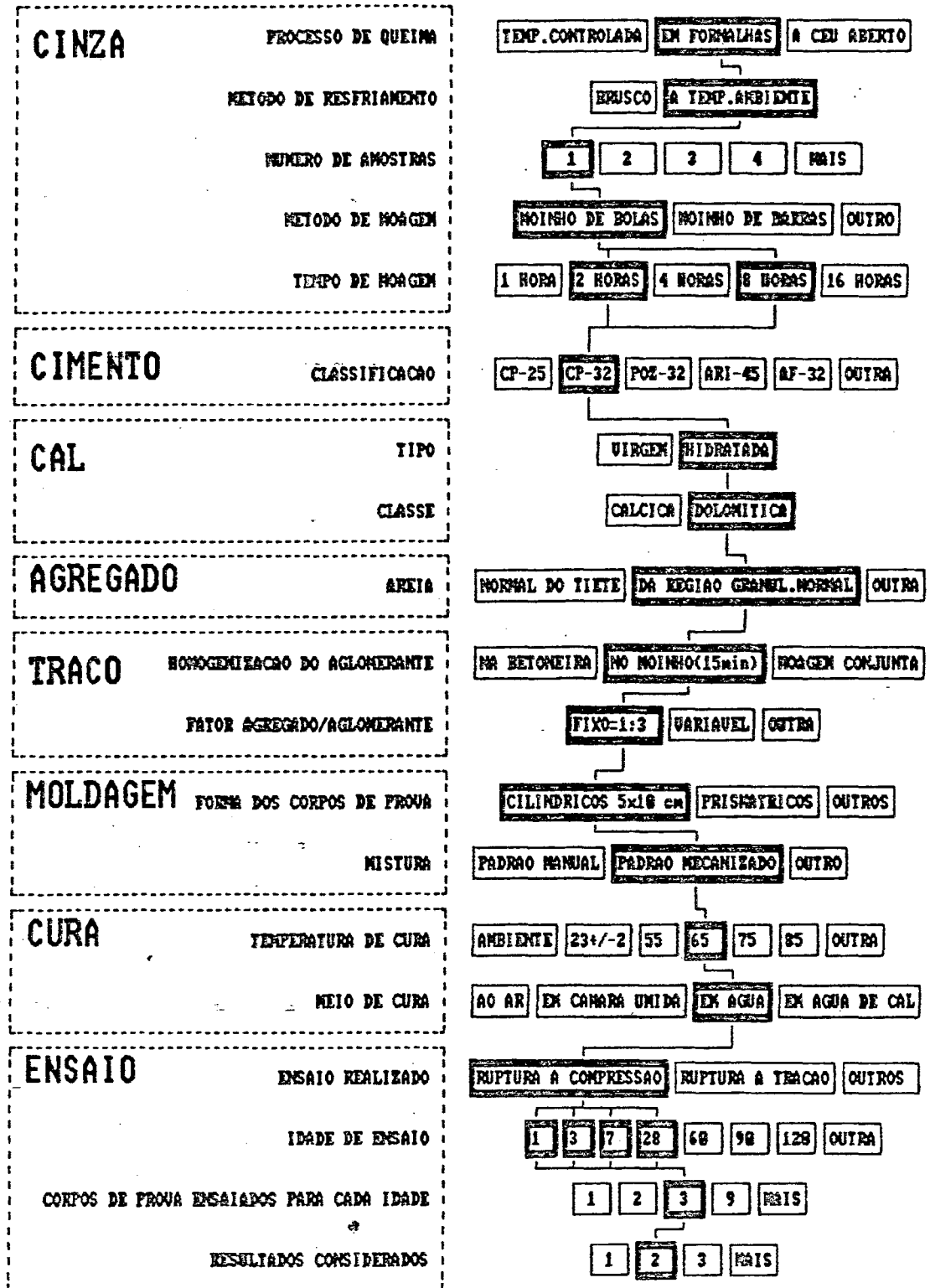
Observadas as mesmas condições de dosagem, mistura e moldagem dos estudos anteriores, os corpos de prova foram mantidos submersos em água pura, caracterizando-se a formação de compostos hidráulicos e evitando-se a carbonatação.

A ruptura destes corpos de prova, ocorreu nas idades de 1, 3, 7 e 28 dias.

A matriz morfológica (figura 19)a seguir, relaciona as condições de ensaio relatadas neste estudo.

#### 4.5.3 Resultados.

As resistências à compressão das argamassas submetidas à temperatura de cura de 65 °C, estão sintetizadas no gráfico 13 e detalhadas na tabela 44 dos anexos.



OBS: COMPOSIÇÃO DOS AGLOMERANTES E FATOR AGUA/AGLOMERANTE CONFORME TABELA

Figura 19 - Condições estabelecidas no estudo do efeito da cura térmica

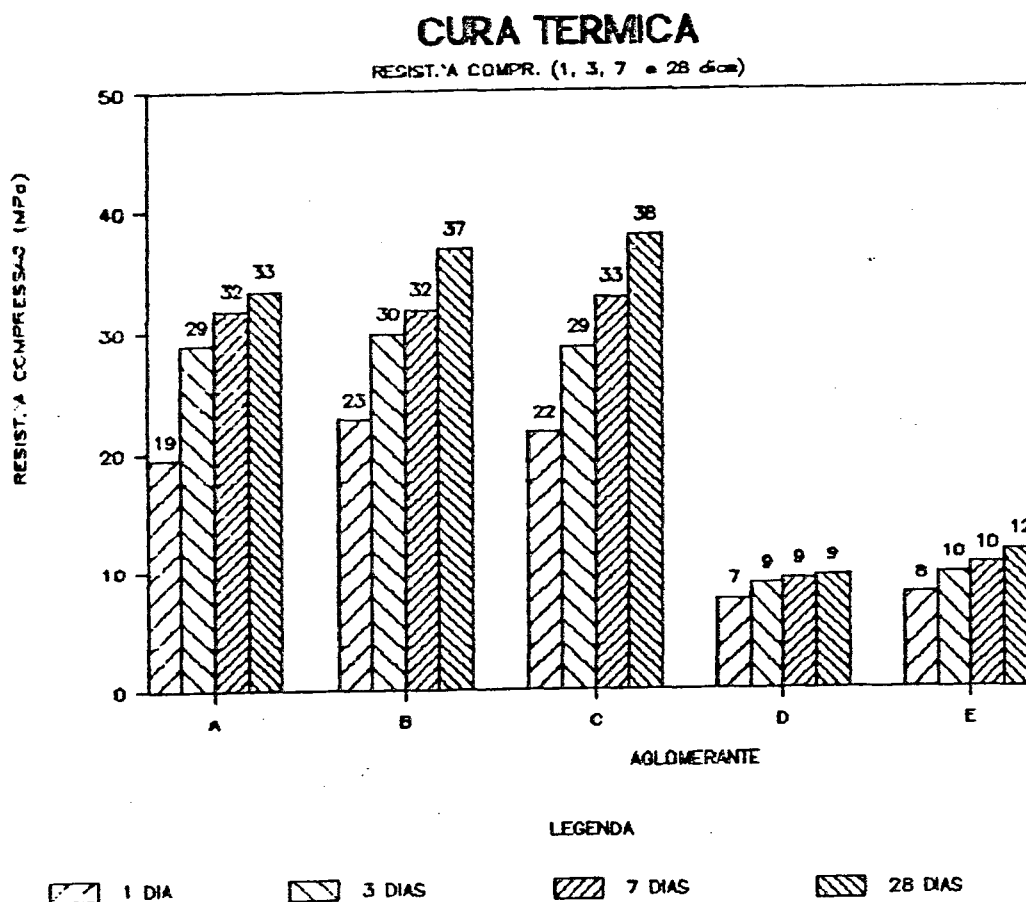


Gráfico 22 - Resistência à compressão -  
Cura térmica

Tabela 13 - Aglomerantes estudados - Cura térmica

AGLOMERANTE	CIMENTO	CAL	RHA-2	RHA-B	FATOR A/C	MOTIVO DA ESCOLHA
A	100%				0,48	PADRAO
B	88%			28%	0,48	MAIOR RESISTENCIA (4.2)
C	65%			35%	0,48	RESIST. EQUIVALENTE (4.2)
D		48%		68%	0,55	MAIOR RESISTENCIA (4.3)
E	8%	36%		56%	0,55	RESULTADO RAZORVEL (4.4)

#### 4.5.4 Avaliação dos resultados:

O gráfico 22 evidencia o melhor comportamento dos cimentos pozolânicos de cinza de casca de arroz em relação ao cimento Portland comum, sob condições de cura a 65 °C.

Os aglomerantes tipo cal/cinza, ao contrário do que ocorre à temperatura normal, desenvolvem rapidamente suas resistências. Esta propriedade possibilita tecnicamente o uso destes aglomerantes nas indústrias de pré-moldados, onde as condições de cura à vapor são cada vez mais frequentes.



## CAPÍTULO V

### ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Para um estudo definitivo da viabilidade de implantação de uma indústria de refino da cinza de casca de arroz, muitos parâmetros precisariam ser testados, como por exemplo: a eficiência dos moinhos de bolas industriais, dos demais equipamentos, etc, além de uma pesquisa de mercado. Isto não significa que uma análise econômica neste momento seja inoportuna.

Sob o aspecto do desenvolvimento do produto pozolana de cinza de casca de arroz, assim como de outro produto qualquer, as análises econômicas realizadas após cada etapa da metodologia empregada evitam perda de tempo e recursos com produtos inviáveis ou, caso contrário, aumentam a confiança de quem investe no projeto.

Com o intuito de dar flexibilidade à análise, usou-se como ferramenta de auxílio nos cálculos um programa

computacional tipo planilha eletrônica. Trata-se de uma planilha composta por células que podem conter fórmulas, números ou textos, sendo que os valores das células recalculam-se automaticamente sempre que algum dado com ela relacionado for alterado.

Conseguiu-se assim uma planilha que pode ser atualizada a qualquer momento do desenvolvimento do projeto e permitindo, com facilidade, a análise de sensibilidade dos seus parâmetros econômicos. O conteúdo de cada célula desta planilha encontra-se listado nos anexos.

O posicionamento de cada uma das tabelas constantes da planilha, seguiu o esquema apresentado na figura 20:

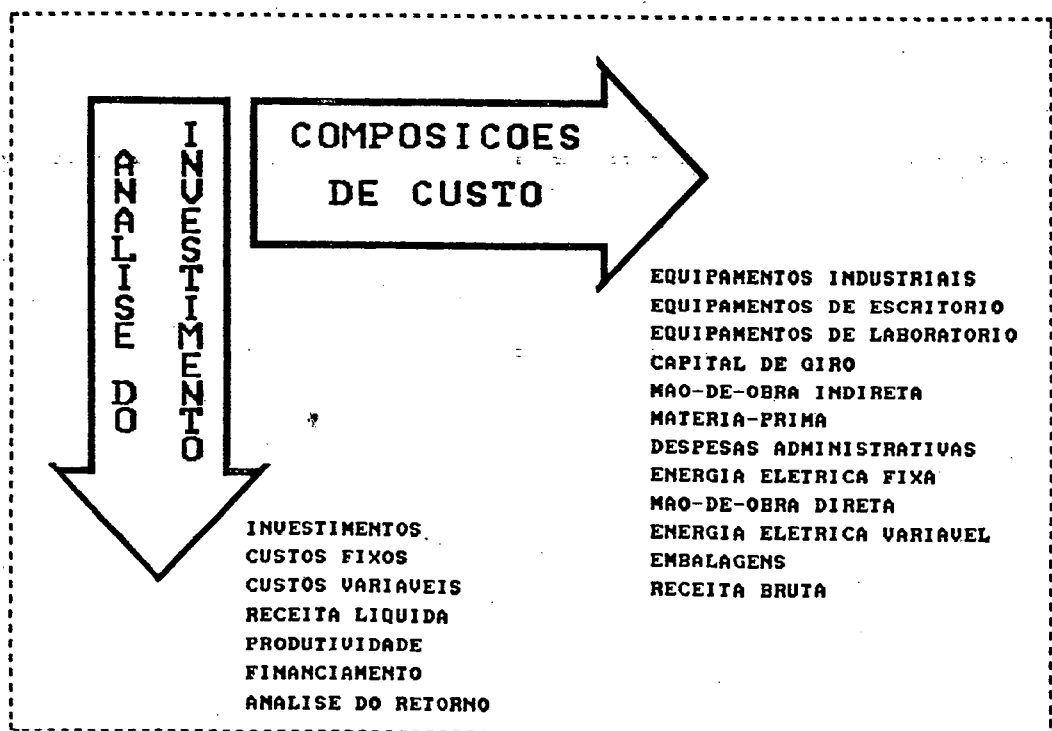


Figura 20 - Posicionamento das tabelas na planilha

Para avaliar-se a viabilidade econômica da utilização da cinza de casca de arroz, buscou-se, primeiramente, o conhecimento de seus custos de refino.

Fêz-se necessário o projeto preliminar de uma pequena indústria para a moagem e ensacamento desta cinza. Os parâmetros utilizados no dimensionamento dos equipamentos basearam-se na situação real observada no município de Turvo.

As usinas de beneficiamento de arroz que se constituem nas fontes de matéria prima, localizam-se no perímetro urbano, conforme mapa de localização em anexo (Figura 21). Produzem 10 toneladas de cinza por dia e, devido ao custo de descarte motivado pelas exigências dos órgãos governamentais, dispõem-se a doar este material a quem se interessar.

A área disponível para a implantação do projeto situa-se na localidade de "Seco", distante aproximadamente 3 km do centro da cidade. (Vide figura 22). A proximidade da indústria com o município de Meleiro, também produtor de arroz, permite que, no futuro, a capacidade de produção seja ampliada.

Das instalações físicas necessárias fazem parte: um galpão de 525 m<sup>2</sup> que abrigará a unidade produtiva e uma área

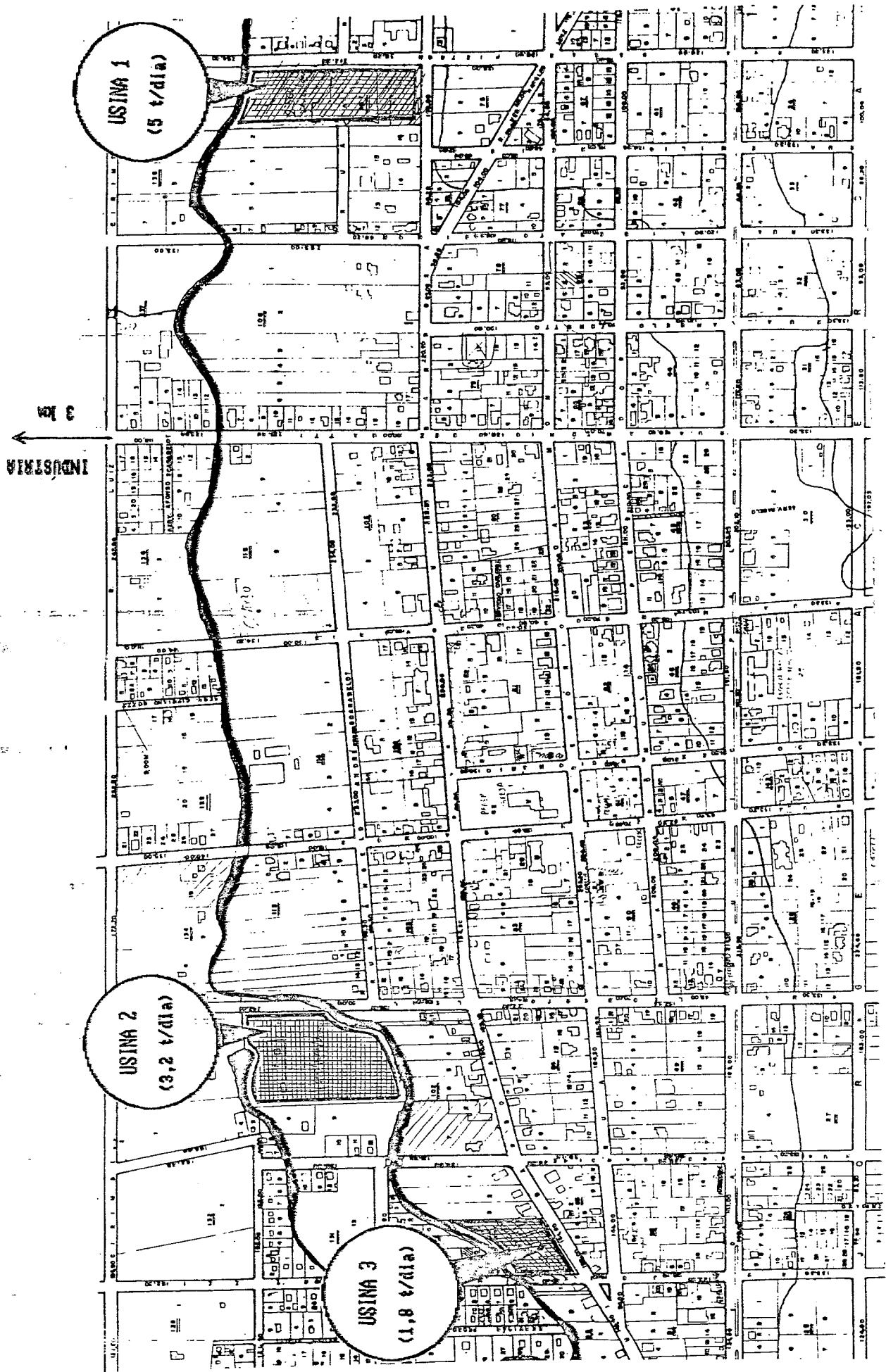


Figura 21 - Localização das usinas de beneficiamento de arroz em Turvo-SC

de 66,5 m<sup>2</sup> que abrigará a administração, laboratório e vestiários.

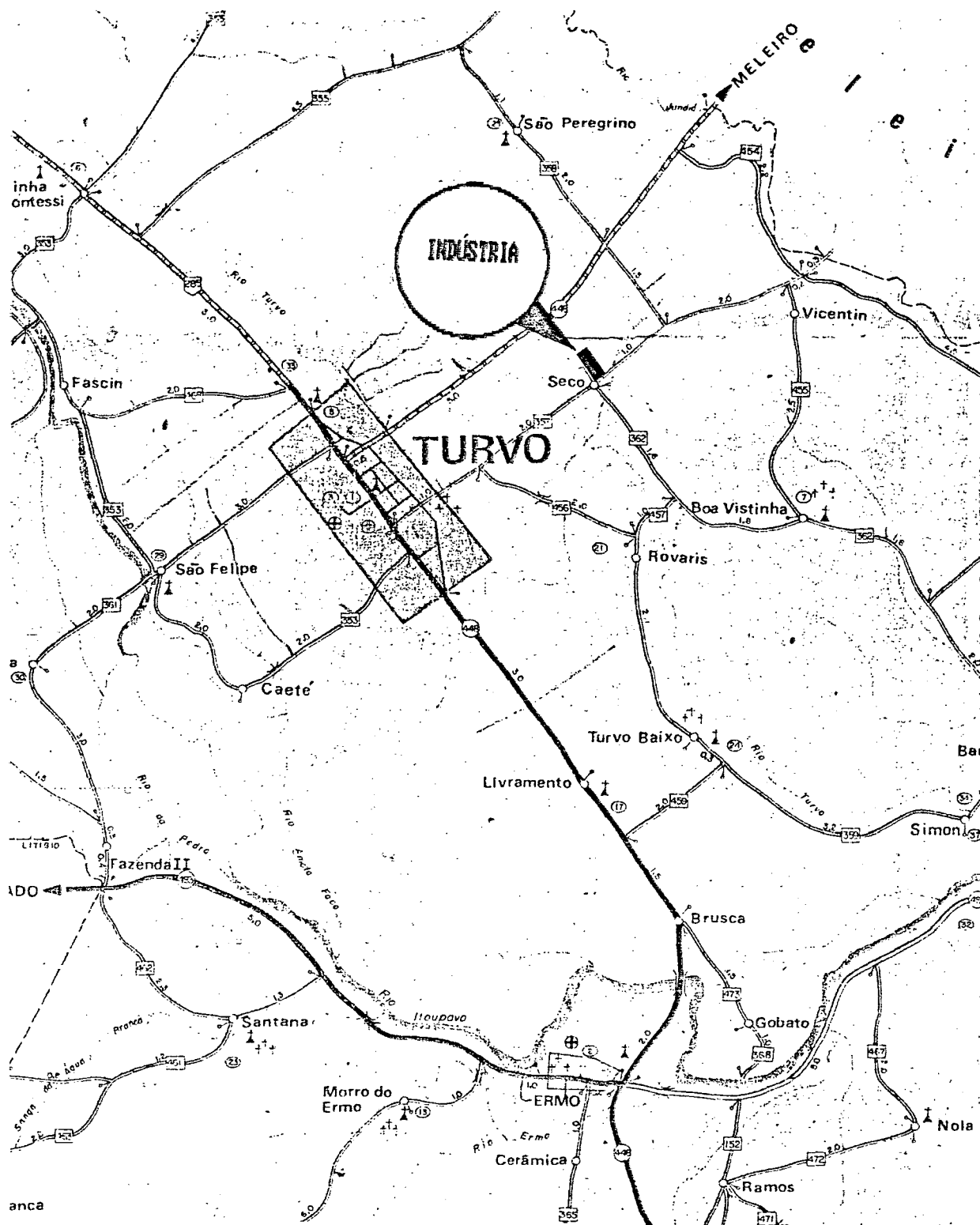


Figura 22 - Localização provável da indústria de beneficiamento da cinza

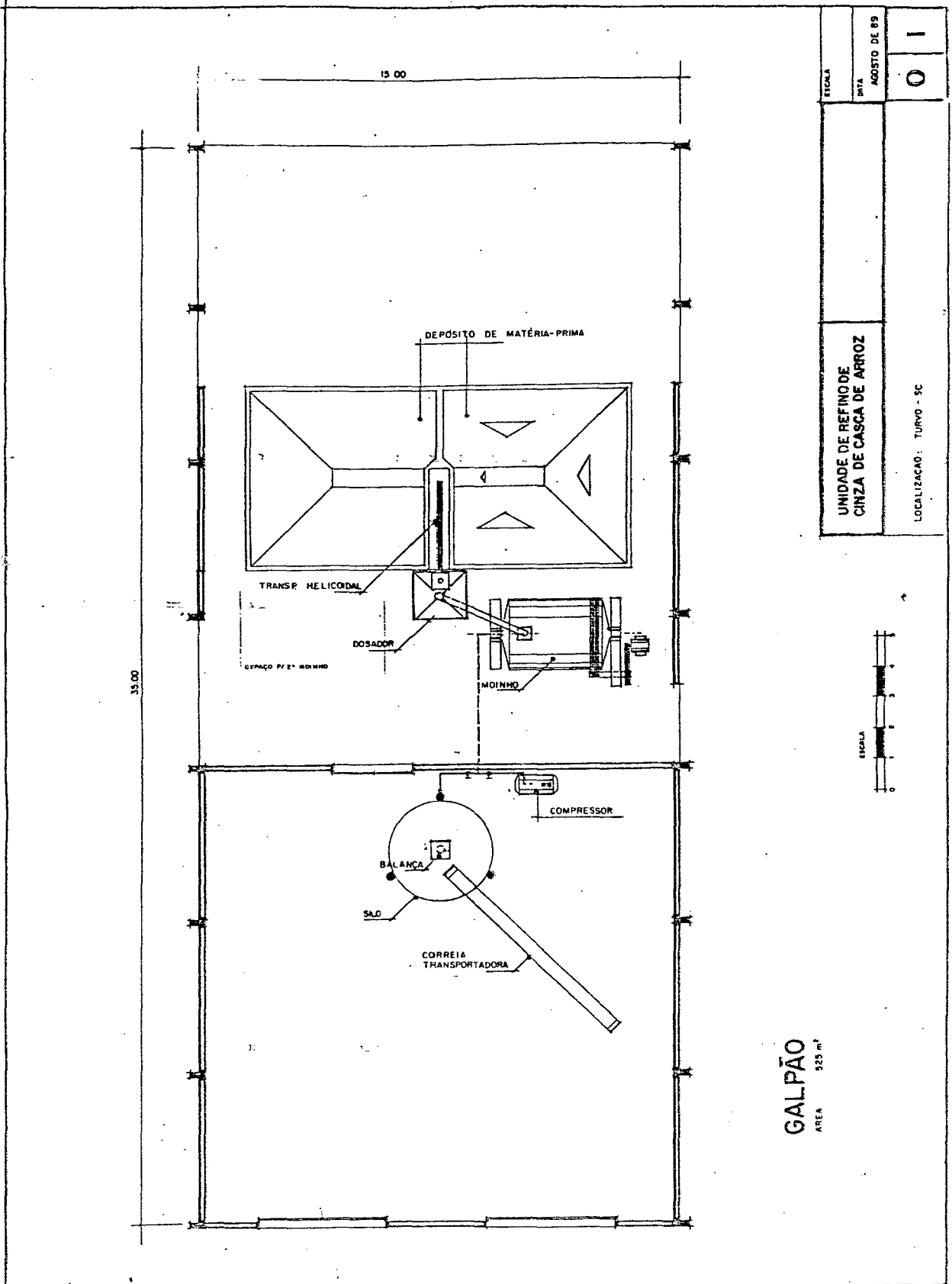


Figura 23 - Planta baixa do galpão

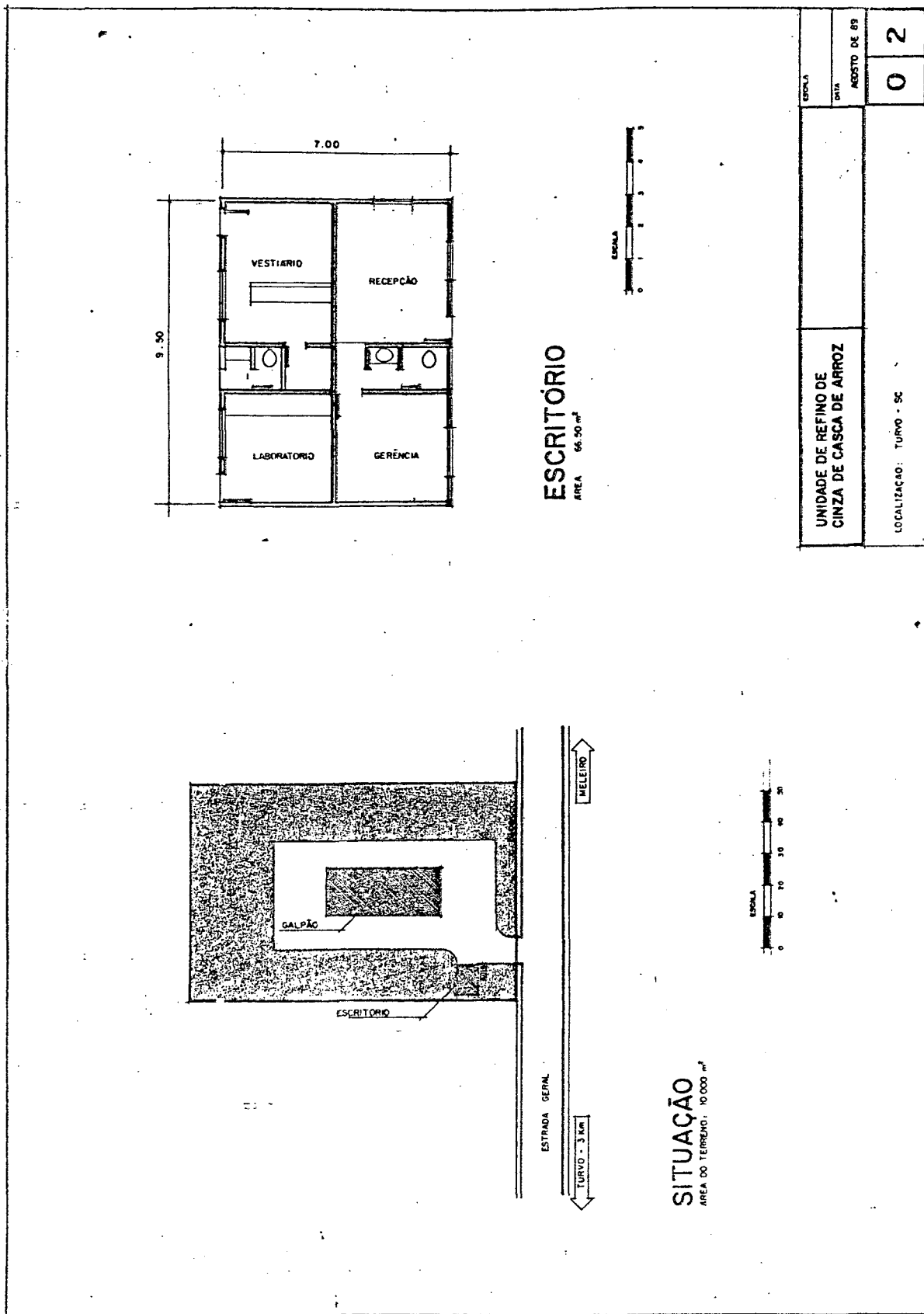


Figura 24 - Planta baixa do escritório

Todos os preços constantes dos orçamentos desta análise referem-se à data de 15 de agosto de 1989.

Relatam-se a seguir os investimentos necessários a implementação do projeto:

## 5.1 Investimentos

### 5.1.1 Aquisição do terreno.

Admitiu-se como coerente a aquisição de um terreno de um hectare (10 000 m<sup>2</sup>), o que importaria em NCz\$ 25.000,00, a preço de mercado local.

Localiza-se na localidade de Seco, distante 3 km do centro da cidade. Dispõe de energia elétrica e é servida por estrada de terra de boas condições.

### 5.1.2 Obras Cíveis

A fábrica foi projetada com base numa produção de 10 toneladas por dia de cinza, o que equivale a aproximadamente 93 m<sup>3</sup>, prevendo-se a possibilidade de ampliação com a instalação de um segundo moinho.

Os orçamentos , detalhados nas tabelas 14 A e 14 B estabelecem os custos das construções necessárias:



Os preços dos materiais de construção utilizados para a elaboração dos orçamentos foram coletados em 15 de agosto de 1989. Utilizaram-se as planilhas de composição de custos da TCPO-08 (Tabelas de Composição de Preços e Orçamentos) da Editora Pini [13], que fazem parte dos anexos.

Tabela 14A- Orçamento das obras civis

ITEM	DESCRICAO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNIT.	CUSTO	TOTAL
1	SERVICOS PRELIMINARES					
1.1	Projetos	verba			3500.00	
1.2	Ligacoes provisórias	verba			500.00	
1.3	Limpeza do terreno	m2	3000.00	0.26	800.00	
1.4	Movimento de terra	m3	500.00	3.00	1500.00	
1.5	Canteiro de obras	verba			850.00	
						7150.00
	GALPAO					
2	FUND./ESTRUT./COBERT.					
2.1	Estrutura pre-moldada incluindo montagem e cobertura fibrocim.4mm	m2	525.00	80.00	42000.00	
2.2	Vigas de baldrame	m3	9.20	1223.75	11258.50	
2.3	Deposito de mat. prima	m3	23.00	1223.75	28146.25	
2.4	Cintas de respaldo das paredes	m3	3.08	1223.75	3769.15	
2.5	Base de equipamentos	m3	4.00	1223.75	4895.00	
						90068.90
3	ALVENARIA					
3.1	Alvenaria tijolos ceramicos 10x20x20	m2	423.50	42.32	17921.26	
						17921.26
4	REVESTIMENTOS					
4.1	Chapisco	m2	847.00	2.63	2228.67	
4.2	Massa unica	m2	847.00	11.63	9854.13	
						12082.79
5	INSTALACOES ELETRICAS	verba			10000.00	10000.00
6	INSTALACOES HIDRAULICAS	verba			1200.00	1200.00
7	ESQUADRIAS					
7.1	Portoes em madeira	m2	35.50	115.00	4082.50	4082.50
8	PAVIMENTACOES					
8.1	Lastro em concreto	m2	453.00	29.20	13228.29	13228.29
9	PINTURA					
9.1	Pintura em PVA	m2	847.00	9.26	7841.45	
9.2	Pintura a oleo	m2	71.00	9.16	650.15	
						8491.61

Tabela 14B- Orçamento das obras civis (continuação)

ITEM	DESCRICAO	UNID.	QUANT.	CUSTO UNIT.	CUSTO	TOTAL
ESCRITORIO						
10	FUNDAÇÕES E ESTRUTURA					
10.1	Sapatas	m3	1.45	1082.55	1569.69	
10.2	Vigas de baldrame	m3	4.52	1082.55	4893.11	
10.3	Pilares	m3	0.57	1082.55	617.05	
10.4	Cintas de respaldo	m3	1.70	1082.55	1840.33	
						8920.17
11	ALVENARIAS					
11.1	Alv. tij. ceram. 20cm	m2	158.20	42.32	6694.55	6694.55
12	COBERTURA					
12.1	Estrutura de madeira	m2	103.50	26.78	2771.54	
12.2	Telhas fibrocim. 6mm	m2	103.50	21.10	2183.40	
						4954.94
13	REVESTIMENTOS					
13.1	Chapisco	m2	316.40	2.63	832.53	
13.2	Emboço	m2	316.40	11.63	3681.05	
13.3	Azulejos	m2	89.60	28.87	2586.79	
13.4	Forro em madeira	m2	66.50	35.00	2327.50	9427.87
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	verba			1800.00	1800.00
15	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	verba			1450.00	1450.00
16	ESQUADRIAS					
16.1	Portas	m2	7.31	140.00	1023.40	
16.2	Janelas	m2	9.84	135.00	1328.40	
						2351.80
17	PAVIMENTAÇÕES					
17.1	Lastro de concreto	m2	66.50	29.20	1941.90	
17.2	Piso cerâmico	m2	66.50	45.14	3001.93	
						4943.83
18	PINTURA					
18.1	Pintura em PVA	m2	226.8	10.47	2374.60	
18.2	Pintura a óleo	m2	100.8	10.35	1043.28	
						3417.88
19	URBANIZAÇÃO					
19.1	Muros e cercas	verba			3000	
19.2	Arruamento	verba			2000	
19.3	Ajardinamento	verba			2000	
						7000
CUSTO TOTAL					NCz\$	215186.59

### 5.1.3 Equipamentos

Embora no moinho experimental tenham sido necessárias 8 horas de moagem para que se atingisse a área específica de  $10.500 \text{ cm}^2/\text{g}$ , supõe-se que com o aumento da energia cinética das bolas no moinho industrial de 10 000 litros, isto se consiga num período entre 4 e 6 horas. Assim, com duas cargas diárias de 5 toneladas, seria cumprida a demanda estimada, utilizando-se um único moinho.

Os equipamentos foram dimensionados e orçados conforme informações dos fabricantes.

Tabela 15 - Equipamentos industriais

Quant.	Equipamento	Custo
1	Transportador helicoidal de 150 mm de diametro e 10 m de comprimento	6800
1	Dosador para 3 m <sup>3</sup>	4000
1	Moinho de bolas, 10 000 litros acionamento mecanico	50000
1	Revestimento para moinho de bolas em silex, inclusive montagem	7974
1	Carga de bolas com diametro aproximado de 4" e 4800 kg em silex	2837
1	Motocompressor alta pressao 125 lbr, modelo MSV 20/250 Schulz	5346
1	Silo para armazenagem de po, 50 m <sup>3</sup>	32460
1	Balanca plataforma para 150 kg	655
1	Correia Transportadora Concava, movel de 16" x 10m	11000
	Outros equipamentos industriais	2000
	total	123072

Tabela 16 - Máquinas, móveis e utensílios de escritório

Quant.	Equipamento	Custo
1	Maquina de escrever manual, carro medio	1180
2	Maquinas de calcular	1600
	Moveis de escritorio	1200
	Outros equipamentos e utensilios	800
1	Telefone	8000
	total	12780

Projetou-se o laboratório para a execução de ensaios de controle de qualidade da pozolana, mais especificamente:

a) Determinação da área específica, através do permeabilímetro de Blaine;

b) Determinação da atividade pozolânica em pozolanas.

Tabela 17 - Equipamentos de laboratório

Quant.	Equipamento	Custo
24	Moldes metalicos 5x10 cm	1056
1	Estufa para secagem e esterilizacao	1150
1	Prensa hidraulica	1850
1	Balanca	600
1	Permeabilímetro de Blaine	650
	Outros equipamentos	400
	total	5706

#### 5.1.4 Capital de giro.

A necessidade de capital giro foi estimada de acordo conforme tabela 18.

Tabela 18 - Capital de giro

Componente		N Cz\$
Financiamento a clientes		
Prazo medio de receb.:	15	
Producao diaria:	10	
Preco de venda por ton.:	156	23400.00
Estoques		15000.00
	total	38400.00

A tabela 19 resume os dados apresentados no decorrer deste subcapítulo.

Tabela 19 - Investimentos

1	INVESTIMENTOS	
1.1	Terreno	25000.00
1.2	Obras civis	215186.39
1.3	Maq. e equip. industriais	123072.00
1.4	Maq. e equip. escritorio	12780.00
1.5	Maq. e equip. laboratorio	5706.00
1.6	Capital de giro	38400.00
	total	420144.39

## 5.2 Custos Fixos.

Consideraram-se os custos independentes do volume de produção, tais como: mão-se-obra indireta, despesas administrativas, manutenção dos prédios e dos equipamentos de escritório, etc...

### 5.2.1 Mão-de-obra indireta.

Incluíram-se os funcionários administrativos, de supervisão e de apoio, cujas tarefas independem do nível de produção da fábrica, conforme relatado a seguir:

Tabela 20 - Mão-de-obra indireta

Quant.	Funcao	Salario	Encargos	Total
1	Diretor gerente	3000		3000
1	Secretaria	400	200	600
1	Encarrega/laborat.	700	350	1050
1	Vigia	500	250	750
	total			5400

### 5.2.2 Despesas Administrativas.

Neste ítem incluíram-se os materiais e serviços contratados, relacionados com a área administrativa da indústria.

Tabela 21 - Despesas administrativas

Item	Valor
Material de expediente	1000
Publicidade	2000
Viagens	5000
Impostos e taxas	1000
Telefone	2000
Agua e energia do escritorio	250
Seguros	5000
Servicos de contabilidade	4800
outras	500
total	21550

### 5.2.3 Manutenção Fixa.

Incluíram-se sob esta denominação a manutenção dos prédios e dos equipamentos do escritório, estimadas como uma taxa proporcional aos valores dos bens:

### 5.2.4 Energia Elétrica Fixa

Este item engloba a energia elétrica consumida pela administração e com a iluminação da indústria fora de seu horário de funcionamento.

Tabela 22 - Energia elétrica fixa

Equipamento	Potencia	Utiliz.	Consumo	Tarifa
Escritorio				
Ilumin. e tomadas	600 w	24 h/mes	24	6.45
Ilumin.externa	1000 w	360 h/mes	360	96.75
	total energia el. fixa			103.20



## 5.2.5 Outros custos fixos.

Englobaram-se custos não relacionados anteriormente e independentes do nível de produção.

Tabela 23 - Custos fixos

2	CUSTOS FIXOS	(ano)
2.1	Mão de obra indireta	64800.00
2.2	Despesas administrativas	21550.00
2.3	Manutenção fixa	2279.66
2.4	Energia do escrit.	1238.40
2.5	Outros custos fixos	500.00
	total	90368.06

### 5.3 Custos Variáveis

#### 5.3.1 Matéria-prima

Como o preço de aquisição da matéria-prima é nulo, seu custo total coincide com o custo de transporte desde os beneficiadores de arroz até a fábrica.

Este custo foi levantado com base nos Custos Operacionais Básicos do TRC e encontra-se sintetizado na tabela abaixo:

Tabela 24 - Matéria-prima

CUSTO DE TRANSPORTE DA MATERIA-PRIMA	
Veículo	MBB 1114
Disponibilidade diária	4 horas
Kilometragem por dia	32.00
Custo fixo mensal do caminhão	3653.11
Custo variável por quilometro	0.31
Custo do transporte por km	2.90
Custo de transporte por tonelada	9.29
CUSTO DE AQUISIÇÃO DA MATERIA-PRIMA	
Custo por tonelada	
total	9.29

Como apenas em um período do dia o veículo estaria a disposição da fábrica, considerou-se nos cálculos, a metade dos custos fixos mais o custo por quilômetro rodado.

### 5.3.2 Mão-de-obra direta.

Neste item foram computados os salários e encargos sociais dos operários que trabalham diretamente no setor produtivo, envolvidos em tarefas de transporte de materiais, carga e descarga do moinho, empacotamento, etc.

Quatro empregados seriam suficientes para a realização destas funções quando a fábrica estivesse operando com 100 % de sua capacidade.

Tabela 25 - Mão-de-obra direta

Quant.	Funcao	Salario	Encargos	Total
4	Operarios	500	250	3000
		total		3000

### 5.3.3 Energia elétrica

Calculou-se o consumo de energia elétrica da fábrica, de acordo com a demanda e as tarifas praticadas pela CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A)

Tabela 26 - Energia elétrica variável

Equipamento	Potencia	Utiliz.	Consumo	Tarifa
Galpao				
Transp. helicoidal	5 CV	20 h/mes	73.6	19.78
Moinho	25 CV	240 h/mes	4470	1201.31
Compressor	5 CV	20 h/mes	73.6	19.78
Correia transp.	2 CV	60 h/mes	88.3	23.73
Iluminacao	400 w	40 h/mes	160	43.00
total energia el.var.				1307.60

## 5.3.4 Embalagens

As cinzas seriam embaladas em sacos plásticos valvulados de 40 x 50 cm e de espessura 18 micra, com capacidade para 25 kilos.

Tabela 27 - Embalagens

Item	NCz\$
Custo por embalagem	0.2887
Capacidade da embalagem (kg)	25.00
Custo por tonelada	11.55

## 5.3.5 Manutenção variável.

Considerou-se proporcional à quantidade de cinza beneficiada, a manutenção dos equipamentos industriais e de laboratório.

Este custo de manutenção foi arbitrado como sendo uma taxa do valor dos equipamentos.

### 5.3.6 Outros custos variáveis.

Neste ítem foram estimados outros custos que podem ser admitidos como proporcionais à produção, tais como: materiais de ensaio para controle de qualidade, materiais de consumo como luvas, máscaras, etc.

A Tabela 28 resume os valores estabelecidos neste subcapítulo:

Tabela 28 - Custos variáveis

3	CUSTOS VARIÁVEIS	(tonelada)
3.1	Materia-prima	9.29
3.2	Mão de obra direta	13.64
3.3	Energia el. da fábrica	5.94
3.4	Embalagem	11.55
3.5	Manutenção variável	0.98
	total	41.40

#### 5.4 Receitas.

O preço de mercado das pozolanas, mais especificamente da cinza volante de carvão sem moer, é de aproximadamente a metade do preço do cimento Portland, e conforme o grau de moagem exigido pelo comprador, este preço pode atingir até 90% do valor cimento. Em 15 de agosto de 1989 este preço estava em NCz\$ 7,80 por saca de 50 kilogramas, o que corresponde a NCz\$ 156,00 por tonelada de cinza volante não moida.

Embora o desempenho da cinza de casca de arroz seja superior ao da cinza volante de carvão não moida [10], admitiu-se para um primeiro estudo, uma equivalência no preço das duas pozolanas. Em seguida, fez-se uma análise de sensibilidade da taxas internas de retorno em função do preço de venda, constante do item 5.7 deste trabalho.

Das receitas brutas deduziram-se os impostos e obtiveram-se as receitas líquidas, conforme demonstrado abaixo:

Tabela 29A- Receita Bruta

Item	
Produção diária	(ton.) 10
Dias trabalhados por mes	22
Meses trabalhados por ano	12
Preço de venda por tonelada (NCz\$)	156
Receita bruta total	411840

Tabela 29B- Receitas

4	RECEITA LIQUIDA	(ano)
4.1	Venda de produtos	411840.00
4.2	(-)ICMS - 17%	-70012.80
4.3	(-)PIS sobre faturamento - 0,3%	-1235.52
4.4	(-)FINSOCIAL sobre fat. - 0,7%	-2882.88
4.5	(-)IPI (isento)	
	total	337708.80
PRODUTIVIDADE		
	Ano 1	40%
	Ano 2	90%
	Demais	100%

### 5.5 Financiamento.

Respeitaram-se as condições de financiamento praticadas pelos Bancos de Desenvolvimento do Estado, em agosto de 89, sendo que os Equipamentos são financiáveis pelo FINAME e as construções e o capital de giro, diretamente com os bancos de desenvolvimento.

Tabela 30 - Financiamento

Investimento	Valor	% financiável a financiar
Fixo financiável		
Construções	215186.39	70.00% 150636.47
Equipamentos	141558.00	56.00% 76779.00
Capital de giro	38400.00	70.00% 26880.00
Não financiável		
Terreno	25000.00	
	total financiável	246289.47
Percentual do investimento a financiar (%)		
Valor a financiar		59.10%
Taxa anual de juros (%)		10.00%
Carencia (anos)		2.00
Amortização (anos)		4.00

Admitidos os valores acima, calculou-se a Planilha de Pagamentos do Financiamento expostos a seguir:

Tabela 31 - Planilha de amortização do financiamento

PLANILHA DE PAGAMENTO DO FINANCIAMENTO							
ANO	0	1	2	3	4	5	6
Saldo devedor	248289.47	248289.47	248289.47	248289.47	186217.10	124144.74	62072.37
Amortizacao		0.00	0.00	62072.37	62072.37	62072.37	62072.37
Juros		24828.95	24828.95	24828.95	18621.71	12414.47	6207.24
Prestacao		24828.95	24828.95	86901.32	86694.08	74486.84	68279.61
Saldo Final		248289.47	248289.47	186217.10	124144.74	62072.37	0.00

### 5.6 Análise do Retorno do Investimento.

Nesta análise calculou-se a Taxa Interna de Retorno do Empreendimento e a Taxa Interna de Retorno dos Acionistas, obtendo-se os valores da tabela 32.



Tabela 32 - Análise do retorno do investimento

ANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Receitas líquidas	135483,52	343937,92	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	337708,00	
Custo dos produtos vendidos	88709,45	180734,42	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12	199659,12
Custos fixos	45181,93	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86	98368,86
Custos variáveis	43527,52	82365,56	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26	101290,26
Juros do financiamento	24828,95	24828,95	24828,95	18621,71	12414,47	6207,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amortização do financiamento	0,00	0,00	62072,37	62072,37	62072,37	62072,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciação	39870,92	39870,92	39870,92	39870,92	39870,92	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32
Edificações	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32	18759,32
Equipamentos	20311,60	20311,60	20311,60	20311,60	20311,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro antes do IR	-17716,08	51988,44	71149,81	80257,45	86564,29	121083,12	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36	127299,36
Imposto de renda	0,00	0,00	17957,81	25952,43	28124,97	30297,59	42379,09	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63	44551,63
FLUXO DO EMPREENDEDIMENTO	-428144,39	21354,12	98378,96	95262,92	93475,53	97510,24	101514,94	95474,59	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05
FLUXO DOS ACIONISTAS	-171854,92	21354,12	98378,96	93194,55	91443,17	95474,59	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05	93498,05
TAXA INTERNA DE RETORNO DO EMPREENDEDIMENTO		18,95%																					
TAXA INTERNA DE RETORNO DOS ACIONISTAS		36,71%																					

5.7 Análise de Sensibilidade das Taxas Internas de Retorno em Função do Preço de Venda.

Como citou-se no início deste capítulo, as taxas internas de retorno calculadas até agora, estão baseadas em um preço de venda equivalente à metade do preço do cimento Portland. Na realidade, dependendo do grau de moagem da pozolana, este valor pode alcançar até 90% do preço do CP.

Utilizando as facilidades proporcionadas pela planilha Lotus, determinaram-se as taxas internas de retorno para outros preços de venda da cinza. A tabela 33 apresenta estes resultados:

Tabela 33 - Influência do preço de venda sobre as taxas de retorno

PREÇO DE VENDA		TAXA INTERNA DE RETORNO	
RELATIVO AO CP	NCz\$/ton.	EMPREENHIMENTO	ACIONISTAS
50%	156.00	18.95%	30.71%
60%	187.20	28.22%	51.04%
70%	218.40	36.66%	70.66%
80%	249.60	44.68%	89.56%
90%	280.80	52.38%	107.67%

Como fica demonstrado, as taxas de retorno são bastante sensíveis ao preço de venda.

### 5.8 Avaliação dos Resultados.

Os bancos de desenvolvimento admitem como satisfatória uma taxa interna de retorno do empreendimento superior a 12% ao ano. Quanto a taxa de interna de retorno dos acionistas considerada atraente aos investidores é de pelo menos 30% ao ano.

Observando os resultados obtidos em nossa análise, conclui-se pela viabilidade do empreendimento.

Evidentemente, para uma decisão definitiva para a implantação da indústria, torna-se indispensável uma análise criteriosa do mercado.

## CAPITULO VI

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 6.1 Conclusões:

Observadas as condições de ensaio adotadas, os resultados obtidos no programa experimental permitiram as seguintes conclusões:

a) A casca de arroz, mesmo quando produzida sem um controle rigoroso das condições de queima, pode gerar cinzas com características pozolânicas;

b) Sua pozolanicidade cresceu na razão direta de sua área específica;

c) A RHA estudada adequa-se a produção de cimento pozolânico;

d) Pode-se aumentar a resistência à compressão das argamassas de cimento Portland, pela substituição parcial deste aglomerante pela cinza de casca de arroz (neste estudo conseguiu-se um ganho de resistência da ordem de 14%);

e) O teor de cinza admissível no aglomerante foi diretamente proporcional à área específica da cinza, para uma mesma resistência à compressão;

f) A mistura cal/cinza, devidamente proporcionada, desenvolveu propriedades hidráulicas, evidenciadas pelo desenvolvimento de resistência à compressão, notadamente a partir dos 7 dias;

g) Proporções diferenciadas de cimento/cinza/cal, formaram aglomerantes hidráulicos com resistências à compressão apropriadas à vários usos, como: alvenarias, revestimentos, pisos, etc...;

h) Cimentos pozolânicos de cinza de casca de arroz apresentaram desempenho superior ao do cimento Portland comum, quando submetidos à cura sob temperatura de 65 °C;

i) Cimentos hidráulicos tipo cal/RHA e cimento Portland/cal/RHA, tiveram excelente desempenho quando submetidos a cura térmica (65 °C).

A análise de viabilidade econômica permite concluir que:

j) O investimento necessário para a implantação de uma pequena unidade para o refino da cinza, conforme o projeto apresentado neste trabalho, totalizou a quantia de Ncz\$ 420.144,39, à preços de 15 de agosto de 1989;

l) A taxa interna de retorno do empreendimento foi de 18,95%.

m) A taxa interna de retorno dos acionistas atingiu 30,71%, admitido um financiamento de 59,1% do valor dos investimentos, segundo as regras vigentes em agosto de 1989.

## 6.2 Recomendações para futuros trabalhos.

É evidente que muito ainda precisa ser investigado para o total conhecimento das propriedades dos aglomerantes de cinza de casca de arroz.

Observando-se as matrizes morfológicas que resumem as condições respeitadas em cada ensaio, nota-se que uma mudança em qualquer um dos parâmetros adotados influenciará o resultado dos ensaios e propiciará novas conclusões. Um conhecimento amplo do material cinza de casca de arroz, somente será possível após a análise de sensibilidade de

cada um destes parâmetros.

Dentre as condições mais importantes a investigar, destacam-se:

- O fator água/aglomerante;
- O processo de queima da cinza, contribuindo para a melhoria dos queimadores das indústrias;
- A idade de ruptura dos corpos de prova, pesquisando-se o comportamento das argamassas à idades mais longas, como 1 e 2 anos, por exemplo.

Pensando na implantação de unidades de refino da cinza de casca de arroz, estabelece-se a necessidade de ábacos ou programas computacionais que relacionem área específica da cinza, pozolanicidade, teor de RHA no aglomerante e resistência à compressão das argamassas. Ainda neste contexto, é indispensável a criação de testes rápidos para o controle de qualidade das pozolanas.

Muitos outros temas relacionados com a utilização de cinza de casca de arroz, e de outros resíduos industriais e agrícolas precisam ser investigados, pois não se pode admitir que materiais potencialmente aproveitáveis na construção de habitações venham a ser desperdiçados, com o agravante de poluir o meio ambiente.

## CAPITULO VII

## BIBLIOGRAFIA

1. SALAS, J. et alii. Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros. Materiales de Construccion, 36 (203), jul./ago./set. 1986.
2. PRISZKULNIK, Simão. Pozolanas para a construção civil. São Paulo, ABCP, 1981.
3. ILLER, Ralf K. The chemistry of silica. USA, John Wiley & Sons, 1979.
4. MOHANTY, T.K. Use of rice husk ash in the manufacture of portland cement. Cement, Bombay, 8(1):13-5, Oct. 1974.
5. CADDY, P.D. & GRONEY, P.R.: Hydraulic cement from rice husks. Cement Technology, nov./dec., 1976.



6. CALLEJA, Jose. Adiciones y cementos con adiciones. Materiales de Construccion (190-191), 1983.
7. BASÍLIO. Francisco A., Cimento portland. São Paulo, ABCP, 1983.
8. METHA, P. K. Proprieties of Cements Made from Rice Husk Ash. USA, American Concrete Institute.
9. SINTESE Anual da Agricultura de Santa Catarina 1.987/1.988 . Florianópolis, CEPASC, 1988. V.1.
10. CINCOTTO, Maria Alba & KAUPATEZ Ros Mary Zenha. Seleção de Materiais quanto a Atividade Pozolânica. Revista A Construção Região Sul, São Paulo, (212):41-4, jun. 1984.
11. NIMITYONGSKUL, P. SILVA, M.W.J.A. and KARASUDHI, P. Current stage of research on reactivity of rice husk ash. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA DEL CONCRETO, 5, Monterrey, 1981. p.185-216.
12. SMITH, R. Rice Husk Ash Cement: Progress in development and application. Londres, Intermediate Tecnology Develoment Group Limited, 1984.

13. TCPO-08 - Tabelas de Composição de Preços e Orçamentos.  
São Paulo, Pini, 1987.
  14. MACKNESS, John. Pensamento Sistêmico. 1988. 17p. (notas de aula).
  15. KIHARA, Y. and ESPER, M.W. Perfil dos cimentos portland pozolanicos brasileiros. São Paulo, ABCP, 1985.
- 
1. AL-KHALAF, M.N. et alii. Use of Rice husk and concrete. Cement and Composittes, 6 (4):241-48, nov.1984.
  2. ALVAREZ, M. et alii. Proprieties of Concrete made with fly ash. The Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete. 10 (2), Maio 1988.
  3. ALVES, J.D. & GOULART, B.C. Atividade Pozolânica da cinza de casca de arroz. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 1981.
  4. CASAROTTO FILHO, Nelson & KOPITKE, Bruno H. Análise de Investimentos. 3. ed.. São Paulo, Vértice, 1987.
  5. CHECKLAND, Peter. From Optimizing to Learning: A Development of Systems Thinking for the 1990s. J. Opl. Res. Soc., 36 (9): 757-767, 1985.

6. DESAI, J.B. and DIGHE, R.S. The effect of rice hull ash on the compressive strength of concrete. Indian Concrete Journal, Jul./Aug. 1978
  
7. ESTRADA, E. y BARBERO, J.M. Possibilidades Estructurales de Materiales a base de cal como conglomerante: Primeros resultados. Informes de la Construccion, 38 (385, nov. 1986.
  
8. KLESS, D. et alii. Uso de Cacarella de Arroz como Agregado Granular en el Mortero Celular de Colado Superfluido para la Ejecucion de Vivendas. São Paulo, Habitec, 1987.
  
9. LEMUS, V. et alii. Materiales a base de desechos agrícolas e industriales. Informes de la Construccion, (344/345), nov., 1982.
  
10. LEZANA, Alvaro G. R. Custos Industriais. UFSC, 1984.
  
11. METHA, P. K. Rice hull ash cement...High quality acid resisting. Journal of the American Concrete Institute, 72 (5)Ç 325-36, may. 1975.

12. SALAS, J. & CASTRO, V. Materiales de Construccion con Propriedades Aislantes a Base de Cascara de Arroz. Informes de la Construccion, 37 (372), jul. 1985.
13. SALAS, J. et alii. Lightweight Insulating Concretes with Rice Husk. The International Journal of Cement Composites and Lightweigt Concrete, 8 (2), maio 1986.
14. SALAS, J. et alii. Hormigones con Ceniza de Cascara de Arroz(RHA): Influencia del Curado y del Agua de Amasado. Informes de la Construccion. 38 (385). Nov. 1986.
15. SALAS, J. et alii. Le béton de cosse de riz pour panneaux legers.
16. SALAS, J. et alii. Rice hush and fly ash concrete blocks. The Internacional Journal of Cement Composites and Lightweigh Concrete. 9 (3), ago. 1987.
17. SCANDIUZZI, Luercio & ANDRIOLO, Francisco R. Concreto e seus materiais. São Paulo, Pini, 1986.
18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cimento Portland Comum. - nov. 1980. (NBR 5732/80)

19. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cimento Portland de Alta Resistencia Inicial. - nov. 1980. (NBR 5733/80)
20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cimento Pozolanico. nov. 1980. (NBR 5736/80)
21. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Areia Normal para Ensaio de Cimento. 1982. (NBR 7214/82)
22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Ensaio de Cimento Portland. 1988. (NBR 7215)
23. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Confecção e Cura de Corpos de Prova de Concreto Cilindricos ou Prismaticos. nov. 1980. (NBR 5738/80)
24. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilindricos de Concreto. nov. 1980. (NBR 5739)
25. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Método de Ensaio para Determinação da Massa Específica em Cimentos. - dez. 1980. (NBR 6474/80)

26. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Determinação da Finura de Cimento Portland Mediante Emprego do Aparelho de Permeabilidade ao Ar. out. 1984. (NBR 7224)
27. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cimentos - Extração e Preparação de Amostras. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - dez. de 1977. (NBR 5741/77)
28. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Análise química do cimento Portland - Processo de arbitragem para determinação de Dióxido de Silício, óxido Férrico, óxido de Alumínio, óxido de Cálcio e óxido de Magnésio. dez. 1977. (NBR 5742/77)
29. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Análise química de cimento Portland - Determinação de perda ao fogo. dez. 1977. (NBR 5743/77)
30. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Análise química de cimento Portland - Determinação de resíduo insolúvel. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - dezembro de 1977. (NBR 5744/77)
31. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Análise química de cimento Portland - Determinação do óxido de

Cálcio Livre. dez. 1977. (NBR 5748/77)

32. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Análise química de cimento Portland - Processos optativos para a determinação de Dióxido de Silício, óxido de Ferro e Alumínio, óxido de Cálcio e óxido de magnésio. dez. 1977. (NBR 5749/77)
33. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cimentos - Método de determinação de atividade pozolânica em pozolanas. dez. 1977. (NBR 5751)
34. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Pozolanas - Determinação do índice de atividade pozolânica com cimento portland. dez. 1977. (NBR 5752/77)
35. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Cimentos: Método de determinação de atividade pozolânica em cimento Portland Pozolânico. novembro de 1980. (MB 5753/80)
36. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Concreto - Determinação da Consistência pelo abatimento do tronco de cone - Método de ensaio. 1982. (NBR 7223/82)

ANEXO 1 - Planilhas de cálculo



Tabela 34 - Cálculo da superfície específica através do ensaio do permeabilímetro de Blaine

MATERIAL	M. ESPEC.	AMOSTRA	V. CAM	K	PESO DA AMOSTRA	POROSI-DADE	TEMP. (°C)	n	LEITURAS (s)	SUPERF. ESPECÍF. (cm <sup>2</sup> /g)	SUP. ESP. AMOSTRAS	SUP. ESP. MATERIAL
IRHA-1	2.179	1	1.8625	758.945	1.5515	0.617705	21	18.13	35.7	6207		
	2.179	1	1.8625	758.945	1.5515	0.617705		18.13	36.3	6259	6241	
	2.179	1	1.8625	758.945	1.5515	0.617705		18.13	36.3	6259		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6009	0.605532		18.13	41.5	6295		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6009	0.605532		18.13	42	6332	6327	6326
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6009	0.605532		18.13	42.3	6355		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.6005	0.605631		18.13	42.8	6396		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.6005	0.605631		18.13	43.2	6425	6411	
	2.179	3	1.8625	758.945	1.6005	0.605631		18.13	43	6411		
IRHA-2	2.179	1	1.8625	758.945	1.6016	0.605360	21.5	18.15	57.1	7373		
	2.179	1	1.8625	758.945	1.6016	0.605360		18.15	57.2	7380	7380	
	2.179	1	1.8625	758.945	1.6016	0.605360		18.15	57.3	7386		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6	0.605754		18.15	57.6	7420		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6	0.605754		18.15	58.3	7465	7435	7403
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6	0.605754		18.15	57.6	7420		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.601	0.605508		18.15	57	7372		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.601	0.605508		18.15	58	7437	7394	
	2.179	3	1.8625	758.945	1.601	0.605508		18.15	57	7372		
IRHA-4	2.179	1	1.8625	758.945	1.6035	0.604892	22	18.18	75.7	8463		
	2.179	1	1.8625	758.945	1.6035	0.604892		18.18	75.7	8463	8459	
	2.179	1	1.8625	758.945	1.6035	0.604892		18.18	75.5	8451		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6028	0.605064		18.18	74.5	8403		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6028	0.605064		18.18	75.1	8436	8425	8446
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6028	0.605064		18.18	75.1	8436		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.602	0.605261		18.18	74.5	8411		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.602	0.605261		18.18	76	8495	8454	
	2.179	3	1.8625	758.945	1.602	0.605261		18.18	75.3	8456		
IRHA-8	2.179	1	1.8625	758.945	1.6009	0.605532	19	18.03	113.1	10420		
	2.179	1	1.8625	758.945	1.6009	0.605532		18.03	114.7	10494	10481	
	2.179	1	1.8625	758.945	1.6009	0.605532		18.03	115.5	10530		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6023	0.605188		18.03	114.3	10457		
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6023	0.605188		18.03	114.9	10485	10480	10483
	2.179	2	1.8625	758.945	1.6023	0.605188		18.03	115.2	10498		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.6031	0.604990		18.03	115.5	10502		
	2.179	3	1.8625	758.945	1.6031	0.604990		18.03	114.9	10474	10488	
	2.179	3	1.8625	758.945	1.6031	0.604990		18.03	115.2	10488		

Tabela 35 - Planilha de cálculo do ensaio de Pozolanicidade

C.P.	POZOLANA	MOLDAGEM		RUPTURA			TENSAO	
		DATA	HORA	DATA	LEITURA	CARGA	TENSAO	MEDIA
Nº								(MPa)
1	RHA-1	01/03/89	11:00	08/03/89	630	973.5	4.96	
2	RHA-1	01/03/89	11:00	08/03/89	625	965.7	4.92	4.96
3	RHA-1	01/03/89	11:00	08/03/89	635	981.2	5.00	
4	RHA-2	01/03/89	16:00	08/03/89	795	1220.4	6.26	
5	RHA-2	01/03/89	16:00	08/03/89	815	1259.3	6.41	6.33
6	RHA-2	01/03/89	16:00	08/03/89	805	1243.8	6.33	
7	RHA-4	01/03/89	17:00	08/03/89	885	1367.5	6.96	
8	RHA-4	01/03/89	17:00	08/03/89	915	1413.9	7.20	7.03
9	RHA-4	01/03/89	17:00	08/03/89	880	1359.8	6.93	
10	RHA-8	01/03/89	15:00	08/03/89	1085	1699.7	8.66	
11	RHA-8	01/03/89	15:00	08/03/89	1115	1676.5	8.54	8.66
12	RHA-8	01/03/89	15:00	08/03/89	1100	1722.9	8.77	

Tabela 36 - Planilha de cálculo - estudo cimento portland/RHA-2

CORPO DE PROVA N.	COMPOSIÇÃO		FATOR A/C	DATA DE MOLDAGEM	R U P T U R A				TENSÃO MEDIA	
	CEMENTO	RHA			ÁGUA	IDADE	DATA	CARGA		TENSÃO
1	100	0	1300	610,48	09/03	7	16/03	5520	28.12	
2						7	16/03	0	0.00	28.37
3						7	16/03	5620	28.63	
4						28	06/04	7530	38.36	
5						28	06/04	7680	39.12	38.74
6						28	06/04	0	0.00	
7						60	08/05	0	0.00	
8						60	08/05	8950	45.59	45.85
9						60	08/05	9050	46.10	
10	95	5	1300	610,48		7		0	0.00	
11						7		0	0.00	0.00
12						7		0	0.00	
13						28		0	0.00	
14						28		0	0.00	0.00
15						28		0	0.00	
16						60		0	0.00	
17						60		0	0.00	0.00
18						60		0	0.00	
19	90	10	1300	610,48	15/03	7	22/03	0	0.00	
20						7	22/03	5500	28.02	28.15
21						7	22/03	5550	28.27	
22						28	12/04	0	0.00	
23						28	12/04	8250	42.03	42.74
24						28	12/04	8530	43.45	
25						60	14/05	9450	48.14	
26						60	14/05	9650	49.16	48.65
27						60	14/05	0	0.00	
28	85	15	1300	610,48	15/03	7	22/03	0	0.00	
29						7	22/03	5300	27.00	26.74
30						7	22/03	5200	26.49	
31						28	12/04	0	0.00	
32						28	12/04	7980	40.65	41.09
33						28	12/04	8150	41.52	
34						60	14/05	0	0.00	
35						60	14/05	9800	49.92	48.65
36						60	14/05	9300	47.38	
37	80	20	1300	610,48	20/03	7	27/03	0	0.00	
38						7	27/03	5000	25.47	25.34
39						7	27/03	4950	25.22	
40						28	17/04	7800	39.74	
41						28	17/04	8100	41.26	40.50
42						28	17/04	0	0.00	
43						60	19/05	9350	47.63	
44						60	19/05	9200	46.87	47.25
45						60	19/05	0	0.00	
46	75	25	1300	610,48	20/03	7	27/03	0	0.00	
47						7	27/03	4650	23.69	23.82
48						7	27/03	4700	23.94	
49						28	17/04	0	0.00	
50						28	17/04	7300	37.19	38.21
51						28	17/04	7700	39.23	
52						60	19/05	0	0.00	
53						60	19/05	9000	45.85	46.61
54						60	19/05	9300	47.38	
55	70	30	1300	610,48	21/03	7	28/03	3750	19.10	
56						7	28/03	0	0.00	19.99
57						7	28/03	4100	20.89	
58						28	18/04	6900	35.15	
59						28	18/04	6500	33.11	34.13
60						28	18/04	0	0.00	
61						60	20/05	8100	41.26	
62						60	20/05	0	0.00	41.52
63						60	20/05	8200	41.77	
64	65	35	1300	610,48	21/03	7	28/03	0	0.00	
65						7	28/03	3730	19.00	18.93
66						7	28/03	3700	18.85	
67						28	18/04	0	0.00	
68						28	18/04	6580	33.52	32.48
69						28	18/04	6170	31.43	
70						60	20/05	7300	37.19	
71						60	20/05	7950	40.50	38.84
72						60	20/05	0	0.00	

Tabela 37 - Planilha de cálculo - estudo cimento portland/RHA-8

CORPO DE PROVA N.	COMPOSIÇÃO			FATOR A/C	DATA DE MOLDAGEM	R U P T U R A			TENSÃO MÉDIA	
	CEMENTO	RHA	ÁGUA			IDADE	DATA	CARGA		TENSÃO
101	100	0	300	610,48	09/03	7	16/03	5520	28.12	
102						7	16/03	0	0.00	28.37
103						7	16/03	5620	28.63	
104						28	06/04	7530	38.36	
105						28	06/04	7680	39.12	30.74
106						28	06/04	0	0.00	
107						60	08/05	0	0.00	
108						60	08/05	8950	45.59	45.85
109						60	08/05	9050	46.10	
110	95	5	300	610,48		7		0	0.00	
111						7		0	0.00	0.00
112						7		0	0.00	
113						28		0	0.00	
114						28		0	0.00	0.00
115						28		0	0.00	
116						60		0	0.00	
117						60		0	0.00	0.00
118						60		0	0.00	
119	90%	10	300	610,48	10/03	7	17/03	0	0.00	
120						7	17/03	5950	30.31	28.91
121						7	17/03	5400	27.51	
122						28	07/04	8300	42.28	
123						28	07/04	8460	43.10	42.69
124						28	07/04	0	0.00	
125						60	09/05	10300	52.47	
126						60	09/05	0	0.00	50.94
127						60	09/05	9700	49.41	
128	85	15	300	610,48	10/03	7	17/03	5300	27.00	
129						7	17/03	0	0.00	27.51
130						7	17/03	5500	28.02	
131						28	07/04	0	0.00	
132						28	07/04	7875	40.12	40.94
133						28	07/04	8200	41.77	
134						60	09/05	9500	48.40	
135						60	09/05	9650	49.16	48.78
136						60	09/05	0	0.00	
137	80	20	300	610,48	13/03	7	20/03	4750	24.20	
138						7	20/03	0	0.00	24.33
139						7	20/03	4800	24.45	
140						28	10/04	8650	44.07	
141						28	10/04	8750	44.57	44.32
142						28	10/04	0	0.00	
143						60	12/05	9850	50.18	
144						60	12/05	9400	47.89	49.03
145						60	12/05	0	0.00	
146	75	25	300	610,48	13/03	7	20/03	0	0.00	
147						7	20/03	5250	26.74	25.85
148						7	20/03	4900	24.96	
149						28	10/04	8400	42.79	
150						28	10/04	8000	40.75	41.77
151						28	10/04	0	0.00	
152						60	12/05	0	0.00	
153						60	12/05	9950	50.69	48.90
154						60	12/05	9250	47.12	
155	70	30	300	610,48	14/03	7	21/03	4750	24.20	
156						7	21/03	0	0.00	24.20
157						7	21/03	4750	24.20	
158						28	11/04	7850	39.99	
159						28	11/04	8230	41.93	40.96
160						28	11/04	0	0.00	
161						60	13/05	9000	45.85	
162						60	13/05	0	0.00	46.61
163						60	13/05	9300	47.38	
164	65	35	300	610,48	14/03	7	21/03	0	0.00	
165						7	21/03	4250	21.65	21.78
166						7	21/03	4300	21.91	
167						28	11/04	0	0.00	
168						28	11/04	7530	38.36	38.41
169						28	11/04	7550	38.46	
170						60	13/05	0	0.00	
171						60	13/05	9250	47.12	46.48
172						60	13/05	9000	45.85	

Tabela 38 - Planilha de cálculo - estudo cimento  
ARI/RHA-2

CORPO DE PROVA N.	COMPOSIÇÃO			FATOR A/C	DATA DE MOLDAGEM	R U P T U R A			TENSÃO MÉDIA	
	CIMENTO	RHA	ÁGUA			IDADE	DATA	CARGA		TENSÃO
201	100	0	300	610,48	09/03	7	16/03	0	0,00	37,88
202						7	16/03	7410	37,75	
203						7	16/03	7460	38,00	
204						28	06/04	0	0,00	
205						28	06/04	8875	45,21	
206						28	06/04	9125	46,48	
207						60	08/05	9500	48,40	
208						60	08/05	9500	48,40	
209						60	08/05	0	0,00	
210	95	5	300	610,48		7		0	0,00	0,00
211						7		0	0,00	
212						7		0	0,00	
213						28		0	0,00	
214						28		0	0,00	
215						28		0	0,00	
216						60		0	0,00	
217						60		0	0,00	
218						60		0	0,00	
219	90%	10	300	610,48	27/03	7	03/04	7400	37,70	38,59
220						7	03/04	7750	39,48	
221						7	03/04	0	0,00	
222						28	24/04	0	0,00	
223						28	24/04	9050	50,18	
224						28	24/04	9400	47,89	
225						60	26/05	10700	54,51	
226						60	26/05	11000	56,04	
227						60	26/05	0	0,00	
228	85	15	300	610,48	27/03	7	03/04	0	0,00	38,82
229						7	03/04	7570	38,56	
230						7	03/04	7670	39,07	
231						28	24/04	9400	47,89	
232						28	24/04	0	0,00	
233						28	24/04	9250	47,12	
234						60	26/05	0	0,00	
235						60	26/05	10700	54,51	
236						60	26/05	10500	53,49	
237	80	20	300	610,48	29/03	7	05/04	0	0,00	33,75
238						7	05/04	6625	33,75	
239						7	05/04	6625	33,75	
240						28	26/04	0	0,00	
241						28	26/04	8850	45,08	
242						28	26/04	8650	44,07	
243						60	28/05	0	0,00	
244						60	28/05	9450	48,14	
245						60	28/05	9200	46,87	
246	75	25	300	610,48	29/03	7	05/04	0	0,00	30,57
247						7	05/04	5880	29,95	
248						7	05/04	6120	31,18	
249						28	26/04	0	0,00	
250						28	26/04	8270	42,13	
251						28	26/04	8270	42,13	
252						60	28/05	0	0,00	
253						60	28/05	9400	47,89	
254						60	28/05	9100	46,36	
255	70	30	300	610,48	30/03	7	06/04	0	0,00	27,51
256						7	06/04	5500	28,02	
257						7	06/04	5300	27,00	
258						28	27/04	0	0,00	
259						28	27/04	7770	39,58	
260						28	27/04	7850	39,99	
261						60	29/05	0	0,00	
262						60	29/05	8000	40,75	
263						60	29/05	8900	45,34	
264	65	35	300	610,48	30/03	7	06/04	0	0,00	22,54
265						7	06/04	4550	23,18	
266						7	06/04	4300	21,91	
267						28	27/04	0	0,00	
268						28	27/04	6700	34,13	
269						28	27/04	6700	34,13	
270						60	29/05	0	0,00	
271						60	29/05	7700	39,23	
272						60	29/05	7200	36,68	

Tabela 39 - Planilha de cálculo - estudo cimento  
ARI/RHA-8

CORPO DE PROVA N.	COMPOSIÇÃO			FAIXA A/C	DATA DE MOLDAGEM	R U P T U R A				TENSÃO MÉDIA
	CEMENTO	RHA	ÁGUA			IDADE	DATA	CARGA	TENSÃO	
301	100	0	300	6	09/03	7	116/03	0	0.00	
302						7	116/03	7410	37.75	37.88
303						7	116/03	7460	38.00	
304						28	106/04	0	0.00	
305						28	106/04	8875	45.21	45.85
306						28	106/04	9125	46.48	
307						60	108/05	9500	48.40	
308						60	108/05	9500	48.40	48.40
309						60	108/05	0	0.00	
310	95	5	300	6	09/03	7		0	0.00	
311						7		0	0.00	0.00
312						7		0	0.00	
313						28		0	0.00	
314						28		0	0.00	0.00
315						28		0	0.00	
316						60		0	0.00	
317						60		0	0.00	0.00
318						60		0	0.00	
319	90	10	300	6	31/03	7	107/04	0	0.00	
320						7	107/04	7250	36.93	38.13
321						7	107/04	7720	39.33	
322						28	128/04	9400	47.89	
323						28	128/04	0	0.00	48.65
324						28	128/04	9700	49.41	
325						60	130/05	10350	52.73	
326						60	130/05	11350	57.82	55.27
327						60	130/05	0	0.00	
328	85	15	300	6	31/03	7	107/04	0	0.00	
329						7	107/04	6800	34.64	35.53
330						7	107/04	7150	36.42	
331						28	128/04	9850	50.18	
332						28	128/04	0	0.00	51.32
333						28	128/04	10300	52.47	
334						60	130/05	0	0.00	
335						60	130/05	11000	56.04	55.15
336						60	130/05	10650	54.25	
337										
338	80	20	300	6	03/04	7	110/04	6750	34.39	
339						7	110/04	6950	35.40	34.90
340						7	110/04	0	0.00	
341						28	101/05	0	0.00	
342						28	101/05	10000	50.94	50.43
343						28	101/05	9800	49.92	
344						60	102/06	10500	53.49	
345						60	102/06	0	0.00	54.13
346						60	102/06	10750	54.76	
347	75	25	300	6	03/04	7	110/04	0	0.00	
348						7	110/04	6700	34.13	34.26
349						7	110/04	6750	34.39	
350						28	101/05	0	0.00	
351						28	101/05	9800	49.92	49.80
352						28	101/05	9750	49.67	
353						60	102/06	9850	50.18	
354						60	102/06	0	0.00	51.83
355						60	102/06	10500	53.49	
356	70	30	300	6	05/04	7	112/04	6230	31.74	
357						7	112/04	0	0.00	33.06
358						7	112/04	6750	34.39	
359						28	103/05	0	0.00	
360						28	103/05	9100	46.36	45.34
361						28	103/05	8700	44.32	
362						60	104/06	10050	51.20	
363						60	104/06	0	0.00	51.20
364						60	104/06	10050	51.20	
365	65	35	300	8	05/04	7	112/04	0	0.00	
366						7	112/04	6050	30.82	31.15
367						7	112/04	6180	31.48	
368						28	103/05	0	0.00	
369						28	103/05	8200	41.77	43.30
370						28	103/05	8800	44.83	
371						60	104/06	8850	45.08	
372						60	104/06	8950	45.59	45.34
373						60	104/06	0	0.00	

Tabela 40 - Planilha de cálculo - estudo cal/RHA-2

CORPO DE PROVA N.º	COMPOSIÇÃO			FATOR DATA DE		R U P T U R A			TENSÃO	
	CINZA	CAL	ÁGUA	A/C	MOLDAGEM	IDADE	DATA	CARGA	TENSÃO	MÉDIA
1	40%	60%	1345 g	0,553	11/04	7	118/04	0	0.00	
2						7	118/04	740	3.77	3.77
3						7	118/04	740	3.77	
4						28	109/05	1250	6.37	
5						28	109/05	1190	6.06	6.21
6						28	109/05	0	0.00	
7						60	110/06	1420	7.23	
8						60	110/06	1380	7.03	7.13
9						60	110/06	0	0.00	
10								1520	7.74	
11								1520	7.74	7.74
12								0	0.00	
101	50%	50%	1345 g	0,553	11/04	7	118/04	0	0.00	
102						7	118/04	870	4.43	4.38
103						7	118/04	850	4.33	
104						28	109/05	1420	7.23	
105						28	109/05	0	0.00	7.23
106						28	109/05	1420	7.23	
107						60	110/06	0	0.00	
108						60	110/06	1590	8.10	8.07
109						60	110/06	1580	8.05	
110								1780	9.07	
111								1750	8.91	8.99
112								0	0.00	
201	60%	40%	1345 g	0,553	12/04	7	119/04	920	4.69	
202						7	119/04	0	0.00	4.69
203						7	119/04	920	4.69	
204						28	110/05	1500	7.64	
205						28	110/05	1550	7.90	7.77
206						28	110/05	0	0.00	
207						60	111/06	0	0.00	
208						60	111/06	1720	8.76	8.58
209						60	111/06	1650	8.41	
210								0	0.00	
211								1720	8.76	8.76
212								1720	8.76	
301	70	30	1345 g	0,553	14/04	7	121/04	0	0.00	
302						7	121/04	1030	5.25	5.20
303						7	121/04	1010	5.15	
304						28	112/05	0	0.00	
305						28	112/05	1380	7.03	7.03
306						28	112/05	1380	7.03	
307						60	113/06	1490	7.59	
308						60	113/06	1460	7.44	7.51
309						60	113/06	0	0.00	
310								0	0.00	
311								1500	7.64	7.69
312								1520	7.74	

Tabela 41 - Planilha de cálculo - estudo cal/RHA-8

CORPO DE PROVA N.	COMPOSIÇÃO			FATOR A/C	DATA DE MOLDAGEM	R U P T U R A			TENSÃO MÉDIA	
	ICINZA	CAL	ÁGUA			IDADE	DATA	CARGA		TENSÃO
401	40%	60%	1345 g	0.5531	21/04	7	128/041	700	3.57	
402						7	128/041	640	3.26	3.41
403						7	128/041	0	0.00	
404						28	119/051	1370	6.98	
405						28	119/051	0	0.00	7.00
406						28	119/051	1380	7.03	
407						60	120/061	0	0.00	
408						60	120/061	1690	8.61	8.51
409						60	120/061	1650	8.41	
410								0	0.00	
411								1750	8.91	9.04
412								1800	9.17	
501	50%	50%	1345 g	0.5531	21/04	7	128/041	0	0.00	
502						7	128/041	840	4.28	4.23
503						7	128/041	820	4.18	
504						28	119/051	1490	7.59	
505						28	119/051	0	0.00	7.72
506						28	119/051	1540	7.85	
507						60	120/061	2070	10.55	
508						60	120/061	2060	10.49	10.52
509						60	120/061	0	0.00	
510								0	0.00	
511								2215	11.28	11.19
512								2180	11.11	
601			1345 g	0.5531	21/04	7	128/041	960	4.89	
602						7	128/041	0	0.00	4.94
603						7	128/041	980	4.99	
604						28	119/051	0	0.00	
605						28	119/051	1890	9.63	9.35
606						28	119/051	1780	9.07	
607						60	120/061	0	0.00	
608						60	120/061	2080	10.60	10.60
609						60	120/061	2080	10.60	
610								2050	10.44	
611								2070	10.55	10.49
612								0	0.00	
701			1345 g	0.5531	21/04	7	105/051	1010	5.15	
702						7	105/051	990	5.04	5.09
703						7	105/051	0	0.00	
704						28	126/051	1620	8.25	
705						28	126/051	0	0.00	8.07
706						28	126/051	1550	7.90	
707						60	127/061	0	0.00	
708						60	127/061	1720	8.76	8.61
709						60	127/061	1660	8.46	
710								0	0.00	
711								1680	8.56	8.66
712								1720	8.76	



Tabela 42 - Planilha de cálculo - estudo  
cimento/cal/RHA-2

CORPO DE PROVA NUMERO	FATOR AGUA/ AGLOMER.	DATA DE MOLDAGEM	RUPTURA				TENSÃO MÉDIA
			IDADE	DATA	CARGA	TENSÃO	
1	0.55	04/06	3		0	0.00	
2			3	07/06	130	0.66	0.69
3			3		140	0.71	
4			7		0	0.00	
5			7	12/06	600	3.06	3.06
6			7		600	3.06	
7			28		1450	7.38	
8			28	02/07	0	0.00	7.72
9			28		1580	8.05	
10			60		1930	9.83	
11			60	03/08	1930	9.83	9.83
12			60		0	0.00	
13	0.55	04/06	3		140	0.71	
14			3	07/06	120	0.61	0.66
15			3		0	0.00	
16			7		610	3.11	
17			7	12/06	0	0.00	3.11
18			7		610	3.11	
19			28		0	0.00	
20			28	02/07	1700	8.66	8.66
21			28		1700	8.66	
22			60		0	0.00	
23			60	03/08	2270	11.56	12.25
24			60		2540	12.94	
25	0.55	07/06	3		0	0.00	
26			3	12/06	220	1.12	1.12
27			3		220	1.12	
28			7		0	0.00	
29			7	16/06	520	2.65	2.67
30			7		530	2.70	
31			28		2020	10.29	
32			28	07/07	2000	10.19	10.24
33			28		0	0.00	
34			60		2640	13.45	
35			60	08/08	2630	13.39	13.42
36			60		0	0.00	
37	0.55	09/06	3		0	0.00	
38			3	12/06	830	4.23	4.20
39			3		820	4.18	
40			7		1340	6.82	
41			7	16/06	0	0.00	7.00
42			7		1410	7.18	
43			28		3200	16.30	
44			28	07/07	3500	17.83	17.06
45			28		0	0.00	
46			60		0	0.00	
47			60	08/08	4440	22.61	22.13
48			60		4250	21.65	

Tabela 43 - Planilha de cálculo - estudo  
cimento/cal/RHA-8

CORPO DE PROVA NUMERO	FATOR AGUA/ AGLOMER.	DATA DE MOLDAGEM	RUPTURA			TENSÃO MÉDIA
			IDADE	DATA	CARGA	
101		16/06	3		100	0.51
102			3	19/06	110	0.56
103			3		0	0.00
104			7		1130	5.76
105			7	23/06	1090	5.55
106			7		0	0.00
107			28		0	0.00
108			28	14/04	2010	10.24
109			28		1970	10.03
110			60		2480	12.63
111			60	15/08	0	0.00
112			60		2480	12.63
113		16/06	3		0	0.00
114			3	19/06	90	0.46
115			3		90	0.46
116			7		1070	5.45
117			7	23/06	1050	5.35
118			7		0	0.00
119			28		2230	11.36
120			28	14/04	2270	11.56
121			28		0	0.00
122			60		0	0.00
123			60	15/08	2770	14.11
124			60		2800	14.26
125		19/06	3		190	0.97
126			3	22/06	180	0.92
127			3		0	0.00
128			7		830	4.23
129			7	26/06	780	3.97
130			7		0	0.00
131			28		0	0.00
132			28	17/07	2810	14.31
133			28		2800	14.26
134			60		0	0.00
135			60	18/08	3670	18.69
136			60		3640	18.54
137		19/06	3		740	3.77
138			3	22/06	740	3.77
139			3		0	0.00
140			7		1820	9.27
141			7	26/06	0	0.00
142			7		1820	9.27
143			28		0	0.00
144			28	17/07	4230	21.54
145			28		4140	21.08
146			60		5000	25.46
147			60	18/08	0	0.00
148			60		5280	26.89

Tabela 44 - Planilha de cálculo - estudo do efeito da cura térmica

ICIMENTO (Z)	ICAL (Z)	IRHA-8 (Z)	IFATOR A/CICORPO (Z)	IPROVA H. (Z)	IDATA DE IMOLDAGEM (dias)	IDADE (dias)	IDATA DE IRUPTURA (dias)	ICARGA (Kg)	ITENSAO (Kg)	ITENSAO IMEDIA		
100	0	0	0.48	1	03/07	(17 hs)	1	04/07	3650	18.59	19.43	
							2	04/07	0	0.00		
							3	04/07	3350	20.27		
							4	06/07	5880	29.95		
							5	06/07	5480	27.91		28.93
							6	06/07	0	0.00		
							7	10/07	6520	33.21		
							8	10/07	0	0.00		31.88
							9	10/07	6000	30.56		
							10	31/07	6320	32.19		
							11	31/07	6700	34.53		33.36
							12	31/07	0	0.00		
80	0	20	0.48	101	04/07	(15 hs)	1	05/07	4400	22.41	22.71	
							102	05/07	4520	23.02		
							103	05/07	0	0.00		
							104	07/07	5900	30.05		
							105	07/07	0	0.00		29.84
							106	07/07	5820	29.64		
							107	11/07	6250	31.83		
							108	11/07	0	0.00		31.86
							109	11/07	6260	31.88		
							110	01/08	6780	34.53		
							111	01/08	0	0.00		36.72
							112	01/08	7640	38.91		
65	0	35	0.48	201	04/07	(17 hs)	1	05/07	4220	21.49	21.57	
							202	05/07	0	0.00		
							203	05/07	4250	21.65		
							204	07/07	0	0.00		
							205	07/07	5650	28.78		28.65
							206	07/07	5600	28.52		
							207	11/07	6550	33.36		
							208	11/07	6350	32.34		32.85
							209	11/07	0	0.00		
							210	01/08	0	0.00		
							211	01/08	6920	35.24		37.87
							212	01/08	7950	40.49		
40	60	60	0.55	301	10/07	(10 hs)	1	11/07	1480	7.54	7.41	
							302	11/07	0	0.00		
							303	11/07	1430	7.28		
							304	13/07	0	0.00		
							305	13/07	1720	8.76		8.73
							306	13/07	1710	8.71		
							307	17/07	0	0.00		
							308	17/07	1800	9.17		9.12
							309	17/07	1780	9.07		
							310	07/08	1820	9.27		
							311	07/08	1860	9.47		9.37
							312	07/08	0	0.00		
8	36	56	0.55	401	10/07	(11 hs)	1	11/07	1480	7.54	7.84	
							402	11/07	1600	8.15		
							403	11/07	0	0.00		
							404	13/07	0	0.00		
							405	13/07	1860	9.47		9.57
							406	13/07	1900	9.68		
							407	17/07	0	0.00		
							408	17/07	2050	10.44		10.42
							409	17/07	2040	10.39		
							410	07/08	2290	11.66		
							411	07/08	0	0.00		11.61
							412	07/08	2270	11.56		

**ANEXO 2 - Tabelas de composição dos custos  
das obras civis**

TABELAS DE COMPOSICAO DE CUSTOS

FORMA DE FUND. PARA FUNDACOES (REUTILIZADA) (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PRECO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Tapua pinho 2x 1x12	1.0000	m	5.46	0.40		
Sarrafi 1x4	0.5000	m	2.75	1.38		
Preço de 37	0.1500	kg	2.45	0.37		
Desmoldantes	0.4000	l	12.00	4.80		
				0.00		14.54
Carpinteiro	1.3000	h	3.60		4.68	
Ajudante	1.3000	h	2.40		3.12	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					7.73	15.53
IBDI (15%)						4.57
						PRECO TOTAL 35.04

ARMADURA CA 504 (KG)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PRECO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Aco CA 504	1.1500	kg	2.34	2.69		
Arana recozido n.19	0.0200	kg	4.05	0.08		
				0.00		
				0.00		
				0.00		
				0.00		2.77
Ferreiro	0.0000	h	3.60		0.29	
Ajudante	0.0200	h	2.40		0.15	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					0.40	0.96
IBDI (15%)						0.56
						PRECO TOTAL 49.46

PREPARO CONCRETO ESTRUTURAL COM BETONEIRA CONTROLE B FOR 150 Kpa

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PRECO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Cimento	0.3400	kg	0.31	106.82		
Areia media	0.6222	m3	15.00	9.33		
Brita 1	0.2630	m3	98.00	25.77		
Brita 2	0.6150	m3	98.00	60.27		
Betoneira	0.7140	h	5.00	3.57		
				0.00		205.77
Servente	6.0000	h	2.40		14.40	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					14.27	28.67
IBDI (15%)						35.17
						PRECO TOTAL 269.61

LANCAMENTO DO CONCRETO EM FUNDACOES (M3)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PRECO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
				0.00		
				0.00		
				0.00		
				0.00		
				0.00		
				0.00		0.00
Ferreiro	2.0000	h	3.60		7.20	
Servente	6.0000	h	2.40		14.40	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					21.41	43.01
IBDI (15%)						6.45
						PRECO TOTAL 49.46

## ALVENARIA DE TIJOLOS CERAMICOS FURADOS 19X20X20 (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Cimento	3.1500	kg	0,31	1,94		
Cal hidratada	6.1900	kg	0,20	1,27		
Areia média	2.0413	m3	15,00	0,62		
Tijolos	47.0000	un	0,29	13,42		
				0,00		17,25
Feixeiro	1.5000	lh	3,60		5,40	
Servente	1.0400	lh	2,40		4,42	
					0,00	
					0,00	
					0,00	
Leis Sociais (99,1X)					9,73	19,54
IBDI (15X)						5,52
PREÇO TOTAL						42,32

## CHAPISCO SOBRE SUPERFÍCIES VERTICAIS, ARGAMASSA CIMENTO E AREIA TRACO 1:3 (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Cimento	2.4300	kg	0,31	0,76		
Areia	2.0061	m3	15,00	0,09		
				0,00		
				0,00		
				0,00		0,85
Feixeiro	0.1000	lh	3,60		0,36	
Servente	0.1500	lh	2,40		0,36	
					0,00	
					0,00	
					0,00	
Leis Sociais (99,1X)					0,71	1,43
IBDI (15X)						0,34
PREÇO TOTAL						2,63

## MASSA ÚNICA 20 MM ARGAMASSA CIMENTO CAL AREIA FINA TRACO 1:2:9 (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Cimento	3.1400	kg	0,31	0,59		
Cal	3.1400	kg	0,20	0,64		
Areia	0.0243	m3	15,00	0,36		
				0,00		
				0,00		
				0,00		1,97
Feixeiro	0.6000	lh	3,60		2,16	
Servente	0.8000	lh	2,40		1,92	
					0,00	
					0,00	
					0,00	
Leis Sociais (99,1X)					4,04	8,12
IBDI (15X)						1,52
PREÇO TOTAL						11,63

## LASTRO DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Cimento	17.6000	kg	0,31	5,53		
Areia média	0.0541	m3	15,00	0,81		
Brita 1	0.0210	m3	98,00	2,06		
Brita 2	0.0491	m3	58,00	4,81		
				0,00		
				0,00		13,21
Feixeiro	0.5000	lh	3,60		1,80	
Servente	1.0000	lh	2,40		4,32	
					0,00	
					0,00	
					0,00	
Leis Sociais (99,1X)					6,06	12,18
IBDI (15X)						3,81
PREÇO TOTAL						29,20

## PINTURA PVA 3 DEMAS (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Tinta PVA	0.2400	l	6.03	1.45		
Selador	0.1200	l	4.00	0.48		
Aguarras	0.0400	l	2.70	0.11		
Lixa	0.4000	un	0.10	0.04		
				0.00		
				0.00		2.56
IPintor	0.5000	h	3.60		1.80	
IAjudante	0.4000	h	2.40		0.96	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					2.74	5.50
IBDI (15%)						1.21
						9.26
						PREÇO TOTAL

## PINTURA A OLEO SOBRE ESQUADRIAS DE MADEIRA (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Tinta a óleo	0.1600	l	17.23	2.76		
Fundo branco fosco	0.1300	l	4.00	0.52		
Aguarras	0.0400	l	2.70	0.11		
Lixa	0.4000	un	0.10	0.04		
				0.00		
				0.00		2.42
IPintor	0.4000	h	3.60		1.44	
IAjudante	0.3500	h	2.40		0.84	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					2.26	4.54
IBDI (15%)						1.19
						5.16
						PREÇO TOTAL

## ASSENTAMENTO DE AZULEJOS (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Azulejos	1.0500	m2	17.50	18.30		
Cimento colante	4.5000	kg	0.45	2.03		
Cimento Branco	0.2500	kg	0.47	0.12		
				0.00		
				0.00		
				0.00		20.52
IAzulejista	0.3000	h	4.80		1.73	
IServente	0.2400	h	2.40		0.58	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					2.28	4.59
IBDI (15%)						3.77
						28.87
						PREÇO TOTAL

## ASSENTAMENTO DE PISO CERAMICO ESMALTADO COM PASTA DE CIMENTO COLANTE (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Piso ceramico	1.0500	m2	31.50	33.00		
Cimento colante	4.5000	kg	0.45	2.03		
Cimento	0.7500	kg	0.31	0.24		
				0.00		
				0.00		
				0.00		35.34
ILadrihista	0.3000	h	4.80		1.44	
IServente	0.2200	h	2.40		0.53	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,1%)					1.95	3.92
IBDI (15%)						5.89
						45.14
						PREÇO TOTAL

## ESTRUTURA DE MADEIRA PONTALETADA SOBRE PAREDES PARA TELHAS DE FIBROCIMENTO (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Madeira	0.0102	m3	1200.00	12.24		
Frego	0.1200	kg	2.45	0.29		
				0.00		
				0.00		
				0.00		
				0.00		12.53
Carpinteiro	0.9000	lh	3.60		3.24	
Ajudante	0.9000	lh	2.40		2.16	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,12)					5.35	10.75
IBDI (15%)						3.49
PREÇO TOTAL						26.78

## COBERTURA COM TELHA DE FIBROCIMENTO (M2)

COMPONENTES	CONSUMOS	UNIDADE	PREÇO UNIT.	CUSTO MAT.	CUSTO M.O.	CUSTO TOTAL
Telha de fibrocimento	1.1500	m2	10.87	12.50		
Conjunto para fixação	4.5000	un	0.98	4.41		
				0.00		
				0.00		
				0.00		
				0.00		16.91
Telhadista	0.1200	lh	3.60		0.43	
Ajudante	0.1200	lh	2.40		0.29	
					0.00	
					0.00	
					0.00	
Leis Sociais (99,12)					0.71	1.43
IBDI (15%)						2.75
PREÇO TOTAL						21.10



**ANEXO - 3 - Conteúdo das células da planilha eletrônica  
utilizada na análise do investimento**

A1:
61: LW12] MATERIAIS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS
M1: CW12] MAQUINAS E EQUIPAMENTOS DE ESCRITORIO
U1: LW12] EQUIPAMENTOS DE LABORATORIO
AB1: CAPITAL DE GIRO
A11: MAO-DE-OBRA INDIRETA (mes)
AP1: DESPESAS ADMINISTRATIVAS
AS1: (ano)
AM1: ENERGIA ELETRICA FIXA
BE1: MATERIA-PRIMA
BX1: MAO DE OBRA DIRETA
BM1: (mes)
BP1:
BK1: ENERGIA ELETRICA VARIAVEL
BZ1: EMBALAGENS
CF1: RECEITA BRUTA
F2: CW12] V-
G2: LW12] V-
H2: CW12] V-
I2: LW12] V-
J2: CW12] V-
K2: LW12] V-
L2: CW12] V-
M2: CW12] V-
N2: LW12] V-
O2: CW12] V-
P2: LW12] V-
Q2: CW12] V-
R2: LW12] V-
T2: CW12] V-
U2: LW12] V-
V2: CW12] V-
W2: CW12] V-
X2: CW12] V-
Y2: V-
AA2: V-
AB2: V-
AC2: V-
AD2: V-
AE2: V-
AF2: V-
AG2: V-
AH2: V-
AJ2: V-
AK2: V-
AL2: V-
AM2: V-
AN2: V-
AO2: V-
AP2: V-
AQ2: V-
AR2: V-
AS2: V-
AU2: V-
AV2: V-
AW2: V-
AX2: V-
AY2: V-
AZ2: V-
BA2: V-
BC2: V-
BD2: V-

BE2: V-
BF2: V-
BG2: V-
BH2: V-
BJ2: V-
BK2: V-
BL2: V-
BM2: V-
BN2: V-
BP2: V-
BQ2: V-
BR2: V-
BS2: V-
BT2: V-
BU2: V-
BV2: V-
BX2: V-
BY2: V-
BZ2: V-
CA2: V-
CB2: V-
CC2: V-
CD2: V-
CE2: V-
CF2: V-
CG2: V-
CH2: V-
AG: V-
B3: LW30] V-
C3: CW12] V-
D3: (F2) CW12] V-
E3: CW12] V-
F3: LW12] Quant.
G3: CW12] Equipamento
H3: LW12] V-
J3: CW12] V-
K3: LW12] Custo
L3: CW12] Quant.
O3: CW12] V-
R3: CW12] Custo
T3: LW12] Quant.
U3: CW12] Equipamento
V3: LW12] V-
X3: CW12] V-
Y3: Custo
AA3: Componente
AF3: H Czs
AH3: Quant.
AI3: Funcao
AK3: Salario
AL3: Encargos
AM3: total
AN3: Item
AS3: Valor
AU3: Equipamento
AW3: V-
AX3: Potencia
AY3: Utiliz.
AZ3: Consumo

BA3: Tarifa
BC3: CUSTO DE TRANSPORTE DA MATERIA-PRIMA
B13: Quant.
BJ3: Funcao
BL3: Salario
BK3: Encargos
BN3: total
BP3: Equipamento
BR3: V-
BS3: Potencia
BT3: Utiliz.
BU3: Consumo
BV3: Tarifa
BK3: Item
BY3: V-
LB3: NCzs
LD3: Item
CE3: V-
AA: 1
B4: LW30] INVESTIMENTOS
F4: CW12] V-
G4: LW12] V-
H4: CW12] V-
I4: LW12] V-
J4: CW12] V-
K4: LW12] V-
L4: CW12] V-
M4: LW12] V-
N4: LW12] V-
O4: CW12] V-
P4: LW12] V-
Q4: CW12] V-
R4: LW12] V-
T4: CW12] V-
U4: LW12] V-
V4: CW12] V-
W4: LW12] V-
X4: CW12] V-
Y4: V-
AA4: V-
AB4: V-
AC4: V-
AD4: V-
AE4: V-
AF4: V-
AH4: V-
AI4: V-
AJ4: V-
AK4: V-
AL4: V-
AM4: V-
AN4: V-
AP4: V-
AQ4: V-
AR4: V-
AS4: V-
AU4: V-
AV4: V-
AW4: V-
AX4: V-
AY4: V-

AZ4: V-
BA4: V-
BC4: V-
BD4: V-
BE4: V-
BF4: V-
BG4: V-
BH4: V-
BJ4: V-
BK4: V-
BL4: V-
BM4: V-
BN4: V-
BP4: V-
BQ4: V-
BR4: V-
BS4: V-
BT4: V-
BU4: V-
BV4: V-
BX4: V-
BY4: V-
BZ4: V-
CA4: V-
CB4: V-
CC4: V-
CD4: V-
CE4: V-
CF4: V-
CG4: V-
CH4: V-
AS: V-
B5: LW30] V-
CS: CW12] V-
D5: (F2) CW12] V-
ES: CW12] V-
F5: LW12] 11
B6: CW12] Transportador helicoidal de 150 mm
MS: CW12] 11
NS: LW12] Maquina de escrever Maquina de escrever anual,
OS: CW12] ver
TS: LW12] 124
US: CW12] Moldes metalicos 5x10 cm
YS: 1056
AA5: Financiamento a clientes
AMS: 1
A15: Diretor gerente
AK5: 3000
AM5: (AL5+AK5)\*AM5
AO5: Material de expediente
AS5: 1000
AU5: Escritorio
BA5: (F2) V-
BS5: Veiculo
B65: NBB 1114
B15: 4
BJS: Operarios
BLS: 500
BM5: 250
BN5: (BM5+BLS)\*B15
BP5: Galpao

BXS: 'Custo por embalagem  
CBS: 0.2687  
CDS: 'Producao diaria  
CBS: 1(ton.)  
CHS: 10  
+6: 1.1  
B6: CW30] 'terreno  
B7: '100 m x 100 m  
G6: CW12] 'de diametro e 10 m de comprimento  
K6: LW12] 6800  
N6: CW12] 'banal, carro medio  
R6: LW12] 1180  
AA6: 'Prazo medio de receb.:  
AC6: 'receb.:  
AD6: 15  
AH6: 1  
A16: 'Secretaria  
AK6: 400  
AL6: 200  
AM6: (AL6+AK6)\*AH6  
AO6: 'Publicidade  
AS6: 2000  
AU6: 'Ilumin. e tonadas  
AX6: '600 w  
AY6: '24 h/mes  
AZ6: 24  
BA6: (F2) 0.26875\*AZ6  
BP6: 'transp. helicoidal  
BS6: '5 CV  
BT6: '20 h/mes  
BU6: /3.6  
BV6: (F2) 0.26875\*BU6  
BX6: 'Capacidade da embalagem (kg)  
CB6: (F2) 25  
CD6: 'Dias trabalhados por mes  
CH6: 22  
A/: 1.2  
B/: LW30] 'Obras civis  
D/: (F2) CW12] 215186.39  
I/: LW12] 11  
U/: LW12] 'Estufa para secagem e esterilizacao  
Y/: 1150  
AA7: 'Producao diaria:  
AD7: 10  
AH7: 1  
AI7: 'Encarregado  
AJ7: '/laborat.  
AK7: /00  
AL7: 350  
AM7: (AL7+AK7)\*AH7  
AU7: 'Viagens  
AS7: 5000  
AV7: 'Ilumin.externa  
AX7: '1000 w  
AY7: '360 h/mes  
AZ7: 360  
BA7: (F2) 0.26875\*AZ7  
BC7: 'Disponibilidade diaria  
BG7: '4 horas  
BI7: \-

BJ7: \-  
BK7: \-  
BL7: \-  
BM7: \-  
BN7: \-  
BP7: 'Moinho  
BS7: '25 CV  
BT7: '240 h/mes  
BU7: 4470  
BV7: (F2) 0.26875\*BU7  
BX7: \-  
BY7: \-  
BZ7: \-  
CA7: \-  
CB7: (F2) \-  
CD7: 'Meses trabalhados por ano  
CH7: 12  
AI: 1.3  
B8: LW30] 'Maq. e equip.industriais  
DB: (F2) CW12] +K31  
FB: LW12] 11  
GB: CW12] 'Dosador para 3 m3  
KB: LW12] 4000  
MB: CW12] 12  
NB: CW12] 'Maquinas de calcular  
RB: CW12] 1600  
AA8: 'Preco de venda por ton.:  
AD8: +CH9  
AF8: (F2) +AD6\*AD7\*AD8  
AH8: 1  
AI8: 'Vigia  
AK8: 500  
AL8: 250  
AM8: (AL8+AK8)\*AH8  
AO8: 'Impostos e taxas  
AS8: 1000  
AU8: \-  
AV8: \-  
AW8: \-  
AX8: \-  
AY8: \-  
AZ8: \-  
BA8: \-  
BL8: 'total  
BM8: +BN6+BN5  
BP8: 'Compressor  
BS8: '5 CV  
BT8: '20 h/mes  
BU8: /3.6  
BV8: (F2) 0.26875\*BU8  
BY8: 'Custo por tonelada  
CB8: (F2) (1000/CB6)\*CB5  
CA9: 1.4  
B9: LW30] 'Maq. e equip. escritorio  
D9: (F2) CW12] +R16  
I9: LW12] 11  
U9: CW12] 'Prensa hidraulica  
Y9: 1850  
AH9: \-  
AI9: \-

AL9: \-  
AK9: \-  
AL9: \-  
AM9: \-  
AO9: 'telefone  
AS9: 2000  
AX9: 'total energia el. fixa  
BA9: (F2) BSUN(BA7..MA6)  
BC9: 'Kilometragem por dia  
BG9: (F2) 32  
BP9: 'Correia transp.  
BS9: '2 CV  
BT9: '60 h/mes  
BU9: 80.3  
BV9: (F2) 0.26875\*BU9  
CD9: 'Preco de venda por tonelada  
CG9: (MLZ5)  
CH9: (F0) 156  
AI0: 1.5  
B10: LW30] 'Maq. e equip. laboratorio  
D10: (F2) CW12] +Y17  
F10: CW12] 11  
G10: CW12] 'Moinho de bolas, 10000litros  
H10: CW12] 'las, 10 000 litros  
I10: CW12] 'Mveis de escritorio  
R10: CW12] 1200  
AA10: 'Estoques  
AF10: (F2) 15000  
AK10: 'total  
AM10: BSUN(AM8..AMS)  
AO10: 'Agua e energia do escritorio  
AS10: 250  
BP10: 'Iluminacao  
BS10: '400 w  
BT10: '40 h/mes  
BU10: 160  
BV10: (F2) 0.26875\*BU10  
CD10: \-  
CE10: \-  
CF10: \-  
CG10: \-  
CH10: (F0) \-  
AI1: 1.6  
B11: LW30] 'Capital de giro  
D11: (F2) CW12] +AF12  
G11: CW12] 'acionamento mecanico  
K11: CW12] 50000  
T11: CW12] 11  
U11: CW12] 'balanca  
Y11: 600  
AA11: \-  
AB11: \-  
AC11: \-  
AD11: \-  
AE11: \-  
AF11: (F2) \-  
AO11: 'Seguros  
AS11: 5000  
BC11: 'Custo fixo mensal do caminhao  
BG11: (F2) 3653.11

BP11: \-  
BQ11: \-  
BR11: \-  
BS11: \-  
BT11: \-  
BU11: \-  
BV11: \-  
CE11: 'Receita bruta total  
CH11: (F0) +CH5\*CH6\*CH7\*CH9  
NI2: CW12] 'Outros equipamentos e utensilios  
K12: CW12] 800  
AD12: 'total  
AF12: (F2) +AF8+AF10  
AO12: 'Servicos de contabilidade  
AS12: 4800  
BS12: 'total energia el.var.  
BV12: (F2) BSUN(BV10..BV6)  
AI3: \-  
B13: LW30] \-  
C13: CW12] \-  
D13: (F2) CW12] \-  
E13: CW12] 11  
F13: LW12] 11  
G13: CW12] 'Revestimento para moinho de bolas  
T13: CW12] 11  
U13: CW12] 'Permeabilizetro de Blaine  
Y13: 650  
BC13: 'Custo variavel por quilometro  
BG13: (F2) 0.31  
C14: CW12] 'total  
D14: (F2) CW12] BSUN(D6..D12)  
G14: CW12] 'em silix, inclusive montagem  
H14: CW12] 'clusive montagem  
K14: CW12] 7974  
M14: CW12] 11  
N14: LW12] 'telefone  
R14: CW12] 8000  
S15: CW12] \-  
M15: CW12] \-  
O15: LW12] \-  
P15: CW12] \-  
Q15: CW12] \-  
R15: CW12] \-  
U15: LW12] 'Outros equipamentos  
Y15: 400  
AD15: 'outras  
AS15: 500  
BC15: 'Custo do transporte por km  
BG15: (F2) ((BG11\*0.5)+BG9\*22\*BG13)/(BG9\*22)  
F16: LW12] 11  
G16: LW12] 'Carga de bolas com diametro aproximado  
P16: CW12] 'total  
K16: LW12] BSUN(K14..R5)  
T16: CW12] \-  
U16: LW12] \-  
V16: CW12] \-  
W16: LW12] \-  
X16: CW12] \-  
Y16: \-  
AO16: \-

AP16: \-  
A016: \-  
AP16: \-  
AS16: \-  
AG16: \-  
G17: [W12] 'de 4' e 4800 kg em silex  
K17: [W12] 283/  
X17: [W12] 'total'  
Y17: ESUM(Y1S..Y5)  
A017: 'total'  
AS17: ESUM(AS1S..AS5)  
BC17: 'Custo de transporte por tonelada'  
BG17: (F2) +BG15+BG9/10  
A18: \-  
B18: [W30] \-  
C18: [W12] \-  
D18: (F2) [W12] \-  
BC18: \-  
BD18: \-  
BE18: \-  
BF18: \-  
BG18: \-  
A19: '2'  
B19: [W30] 'CUSTOS FIXOS'  
C19: [W12] '(ano)'  
F19: [W12] '1'  
G19: [W12] 'Motocompressor alta pressao'  
BC19: 'CUSTO DE AQUISICAO DA MATERIA-PRIMA'  
A20: \-  
B20: [W30] \-  
C20: [W12] \-  
D20: (F2) [W12] \-  
G20: [W12] '125 lbs, modelo MSV 20/250 Schulz'  
K20: [W12] 5346  
BC20: \-  
BD20: \-  
BE20: \-  
BF20: \-  
BG20: \-  
A21: '2.1'  
B21: [W30] 'Mao de obra indireta'  
D21: (F2) [W12] +A110+I2  
BC21: 'Custo por tonelada'  
A22: '2.2'  
B22: [W30] 'Despesas administrativas'  
D22: (F2) [W12] +AS17  
F22: [W12] '1'  
G22: [W12] 'Silo para armazenagem de po, 50 m3'  
K22: [W12] 32460  
BC22: \-  
BD22: \-  
BE22: \-  
BF22: \-  
BG22: (F2) \-  
A23: '2.3'  
B23: [W30] 'Manutencao fixa'  
D23: (F2) [W12] 0.01\*(D7+D9)  
BE23: 'total'  
BG23: (F2) +BG17+BG21  
A24: '2.4'

B24: [W30] 'Energia do escrit.  
D24: (F2) [W12] 12\*8A9  
F24: [W12] '1'  
G24: [W12] 'Balanca plataforma para 150 kg'  
K24: [W12] 655  
A25: '2.5'  
B25: [W30] 'Outros custos fixos'  
D25: (F2) [W12] 500  
F26: [W12] '1'  
G26: [W12] 'Correia transportadora Concava, sovel'  
G27: [W12] 'de 16' x 1m'  
K27: [W12] 11000  
A28: \-  
B28: [W30] \-  
C28: [W12] \-  
D28: (F2) [W12] \-  
C29: [W12] 'total'  
D29: (F2) [W12] ESUM(D21..D27)  
G29: [W12] 'Outros equipamentos industriais'  
K29: [W12] 2000  
F30: [W12] \-  
G30: [W12] \-  
H30: [W12] \-  
I30: [W12] \-  
J30: [W12] \-  
K30: [W12] \-  
I31: [W12] 'total'  
K31: [W12] ESUM(K29..K5)  
A33: \-  
B33: [W30] \-  
C33: [W12] \-  
U33: (F2) [W12] \-  
A34: '3'  
B34: [W30] 'CUSTOS VARIAVEIS'  
C34: [W12] '(tonelada)'  
A35: \-  
B35: [W30] \-  
C35: [W12] \-  
D35: (F2) [W12] \-  
A36: '3.1'  
B36: [W30] 'Materia-prima'  
U36: (F2) [W12] +BG23  
A37: '3.2'  
B37: [W30] 'Mao de obra direta'  
D37: (F2) [W12] +BND/220  
A38: '3.3'  
B38: [W30] 'Energia el. da fabrica'  
D38: (F2) [W12] +BV12/220  
A39: '3.4'  
B39: [W30] 'Embalagem'  
D39: (F2) [W12] +CB8  
A40: '3.5'  
B40: [W30] 'Manutencao variavel'  
D40: (F2) [W12] ((D8+D10)\*0.02)/2640  
A43: \-  
B43: [W30] \-  
C43: [W12] \-  
D43: (F2) [W12] \-  
C44: [W12] 'total'  
D44: (F2) [W12] ESUM(D42..D36)

A48: \-  
B48: [W30] \-  
C48: [W12] \-  
D48: (F2) [W12] \-  
A49: '4'  
B49: [W30] 'RECEITA LIQUIDA'  
C49: [W12] '(ano)'  
A50: \-  
B50: [W30] \-  
C50: [W12] \-  
D50: (F2) [W12] \-  
A51: '4.1'  
B51: [W30] 'Venda de produtos'  
D51: (F2) [W12] +CH11  
A52: \-  
B52: [W30] \-  
D52: (F2) [W12] \-  
A53: '4.2'  
B53: [W30] '(-)ICMS - 17%'  
D53: (F2) [W12] -(0.17\*D51)  
A54: '4.3'  
B54: [W30] '(-)PIS sobre faturamento - 0,3%'  
D54: (F2) [W12] -(0.003\*D51)  
A55: '4.4'  
B55: [W30] '(-)FINSOCIAL sobre fat. - 0,7%'  
D55: (F2) [W12] -(0.007\*D51)  
A56: '4.5'  
B56: [W30] '(-)IPI (isento)'  
D56: (F2) [W12] \-  
A58: \-  
B58: [W30] \-  
C58: [W12] \-  
D58: (F2) [W12] \-  
C59: [W12] 'total'  
D59: (F2) [W12] ESUM(D51..D57)  
A63: \-  
B63: [W30] \-  
C63: [W12] \-  
D63: [W12] \-  
B64: [W30] 'PRODUTIVIDADE'  
A65: \-  
B65: [W30] \-  
C65: [W12] \-  
D65: [W12] \-  
B66: [W30] 'Ano 1'  
C66: (P0) [W12] 0.4  
B67: [W30] 'Ano 2'  
C67: (P0) [W12] 0.9  
B68: [W30] 'Demais'  
C68: (P0) [W12] 1  
A69: \-  
B69: [W30] \-  
C69: [W12] \-  
D69: [W12] \-  
D71: (F2) [W12] \-  
A73: \-  
B73: [W30] \-  
A74: \-  
B74: [W30] \-  
FINANCIAMENTO

C74: [W12] \-  
D74: [W12] \-  
E74: [W12] \-  
A75: 'Investimento'  
C75: [W12] 'Valor'  
D75: [W12] 'Xfinanciam.  
E75: [W12] 'a financiam.  
A76: \-  
B76: [W30] \-  
C76: [W12] \-  
D76: [W12] \-  
E76: [W12] \-  
A77: 'Fixo financeiro'  
A78: 'Construcoes'  
C78: (F2) [W12] +D7  
D78: (F2) [W12] 0.7  
E78: (F2) [W12] +D78+C78  
A79: 'Equipamentos'  
C79: (F2) [W12] +Y17+R16+K31  
D79: (F2) [W12] 0.5  
E79: (F2) [W12] +D79+C79  
A80: 'Capital de giro'  
C80: (F2) [W12] +D11  
D80: (F2) [W12] 0.7  
E80: (F2) [W12] +D80+C80  
A82: 'Mao financeira'  
A83: 'terreno'  
C83: (F2) [W12] +D6  
A84: \-  
B84: [W30] \-  
C84: [W12] \-  
D84: [W12] \-  
E84: [W12] \-  
C85: (F2) [W12] 'total financeiro'  
E85: (F2) [W12] ESUM(E83..E77)  
A86: \-  
B86: [W30] \-  
C86: [W12] \-  
D86: [W12] \-  
E86: [W12] \-  
A87: \-  
B87: [W30] \-  
C87: [W12] \-  
D87: [W12] \-  
E88: [W12] \-  
A89: 'Percentual-do investimento a financiar'  
C89: [W12] '(X)'  
D89: (F2) [W12] +D90/D14  
A90: 'Valor a financiar'  
D90: (F2) [W12] +E85  
A91: 'Taxa anual de juros (X)'  
D91: (F2) [W12] 0.1  
A92: 'Carencia (anos)'  
D92: (F2) [W12] 2  
A93: 'Amortizacao (anos)'  
D93: (F2) [W12] 4  
A95: \-  
B95: [W30] \-  
C95: [W12] \-  
D95: (F2) [W12] \-

896: \-  
896: CW300 \-  
C96: CW120 \-  
D96: CW120 \-  
E96: CW120 \-  
F96: CW120 \-  
G96: CW120 \-  
H96: CW120 \-  
I96: CW120 \-  
897: LW300 PLANTILHA DE PAGAMENTO DO FINANCIAMENTO  
A98: \-  
B98: LW300 \-  
C98: CW120 \-  
D98: CW120 \-  
E98: CW120 \-  
F98: CW120 \-  
G98: CW120 \-  
H98: CW120 \-  
I98: CW120 \-  
899: LW300 1ANO  
C99: CW120 10  
D99: CW120 11  
E99: (F2) CW120 12  
F99: (F2) CW120 13  
G99: (F2) CW120 14  
H99: (F2) CW120 15  
I99: (F2) CW120 16  
A100: \-  
B100: CW300 \-  
C100: CW120 \-  
D100: CW120 \-  
E100: CW120 \-  
F100: CW120 \-  
G100: CW120 \-  
H100: CW120 \-  
I100: CW120 \-  
A101: Saldo devedor  
C101: (F2) CW120 +090  
D101: (F2) CW120 +090  
E101: (F2) CW120 +0101-0102  
F101: (F2) CW120 +E101-E102  
G101: (F2) CW120 +F101-F102  
H101: (F2) CW120 +G101-G102  
I101: (F2) CW120 +H101-H102  
A102: Amortizacao  
D102: (F2) CW120 0  
E102: (F2) CW120 0  
F102: (F2) CW120 +090/093  
G102: (F2) CW120 +F102  
H102: (F2) CW120 +F102  
I102: (F2) CW120 +F102  
A103: Juros  
C103: (F2) CW120  
D103: (F2) CW120 (D101+SD091)  
E103: (F2) CW120 (E101+SD091)  
F103: (F2) CW120 (F101+SD091)  
G103: (F2) CW120 (G101+SD091)  
H103: (F2) CW120 (H101+SD091)  
I103: (F2) CW120 (I101+SD091)  
A104: Prestacao

C104: (F2) CW120  
U104: (F2) CW120 +D102+D103  
E104: (F2) CW120 +E102+E103  
F104: (F2) CW120 +F102+F103  
G104: (F2) CW120 +G102+G103  
H104: (F2) CW120 +H102+H103  
I104: (F2) CW120 +I102+I103  
A105: Saldo Final  
D105: (F2) CW120 +D101-0102  
E105: (F2) CW120 +E101-E102  
F105: (F2) CW120 +F101-F102  
G105: (F2) CW120 +G101-G102  
H105: (F2) CW120 +H101-H102  
I105: (F2) CW120 +I101-I102  
A106: \-  
B106: CW300 \-  
C106: CW120 \-  
D106: CW120 \-  
E106: CW120 \-  
F106: CW120 \-  
G106: CW120 \-  
H106: CW120 \-  
I106: CW120 \-  
U113: LW120 ANALISE DO RETORNO  
A114: \-  
B114: CW300 \-  
C114: CW120 \-  
D114: CW120 \-  
E114: CW120 \-  
F114: CW120 \-  
G114: CW120 \-  
H114: CW120 \-  
I114: CW120 \-  
J114: CW120 \-  
K114: CW120 \-  
L114: CW120 \-  
M114: CW120 \-  
N114: LW120 \-  
O114: CW120 \-  
P114: LW120 \-  
Q114: CW120 \-  
R114: CW120 \-  
S114: CW120 \-  
T114: CW120 \-  
U114: CW120 \-  
V114: CW120 \-  
X114: LW120 \-  
B115: CW300 1ANO  
C115: LW120 10  
D115: CW120 11  
E115: (F2) CW120 12  
F115: (F2) CW120 13  
G115: (F2) CW120 14  
H115: (F2) CW120 15  
I115: (F2) CW120 16  
J115: (F2) CW120 17  
K115: (F2) CW120 18  
L115: (F2) CW120 19  
M115: (F2) CW120 10

M115: (F2) CW120 111  
D115: (F2) CW120 112  
P115: (F2) CW120 113  
Q115: (F2) CW120 114  
R115: (F2) CW120 115  
S115: (F2) CW120 116  
T115: (F2) CW120 117  
U115: (F2) CW120 118  
V115: (F2) CW120 119  
W115: (F2) CW120 120  
X115: (F2) CW120 121  
A116: \-  
B116: CW300 \-  
C116: CW120 \-  
D116: CW120 \-  
E116: CW120 \-  
F116: CW120 \-  
G116: CW120 \-  
H116: CW120 \-  
I116: CW120 \-  
J116: CW120 \-  
K116: LW120 \-  
L116: CW120 \-  
M116: CW120 \-  
N116: CW120 \-  
O116: CW120 \-  
P116: CW120 \-  
Q116: CW120 \-  
R116: CW120 \-  
S116: LW120 \-  
T116: CW120 \-  
U116: LW120 \-  
V116: CW120 \-  
W116: LW120 \-  
X116: CW120 \-  
A117: Receitas liquidas  
D117: (F2) CW120 +C66+059  
E117: (F2) CW120 0.9+059  
F117: (F2) CW120 +059  
G117: (F2) CW120 +059  
H117: (F2) CW120 +059  
I117: (F2) CW120 +059  
J117: (F2) CW120 +059  
K117: (F2) CW120 +059  
L117: (F2) CW120 +059  
M117: (F2) CW120 +059  
N117: (F2) CW120 +059  
O117: (F2) CW120 +059  
P117: (F2) CW120 +059  
Q117: (F2) CW120 +059  
R117: (F2) CW120 +059  
S117: (F2) CW120 +059  
T117: (F2) CW120 +059  
U117: (F2) CW120 +059  
V117: (F2) CW120 +059  
W117: (F2) CW120 +059  
X117: (F2) CW120 +059  
A119: Custo dos produtos vendidos  
D119: (F2) CW120 +D121+D120  
E119: (F2) CW120 +E121+E120  
F119: (F2) CW120 +F121+F120

G119: (F2) CW120 +G121+G120  
H119: (F2) CW120 +H121+H120  
I119: (F2) CW120 +I121+I120  
J119: (F2) CW120 +J121+J120  
K119: (F2) CW120 +K121+K120  
L119: (F2) CW120 +L121+L120  
M119: (F2) CW120 +M121+M120  
N119: (F2) CW120 +N121+N120  
O119: (F2) CW120 +O121+O120  
P119: (F2) CW120 +P121+P120  
Q119: (F2) CW120 +Q121+Q120  
R119: (F2) CW120 +R121+R120  
S119: (F2) CW120 +S121+S120  
T119: (F2) CW120 +T121+T120  
U119: (F2) CW120 +U121+U120  
V119: (F2) CW120 +V121+V120  
W119: (F2) CW120 +W121+W120  
B120: LW300 Custos fixos  
D120: (F2) CW120 +029/2  
E120: (F2) CW120 +029  
F120: (F2) CW120 +029  
G120: (F2) CW120 +029  
H120: (F2) CW120 +029  
I120: (F2) CW120 +029  
J120: (F2) CW120 +029  
K120: (F2) CW120 +029  
L120: (F2) CW120 +029  
M120: (F2) CW120 +029  
N120: (F2) CW120 +029  
O120: (F2) CW120 +029  
P120: (F2) CW120 +029  
Q120: (F2) CW120 +029  
R120: (F2) CW120 +029  
S120: (F2) CW120 +029  
T120: (F2) CW120 +029  
U120: (F2) CW120 +029  
V120: (F2) CW120 +029  
W120: (F2) CW120 +029  
B121: CW300 Custos variaveis  
D121: (F2) CW120 +D44+C66+220\*12  
E121: (F2) CW120 +D44+C67+220\*12  
F121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
G121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
H121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
I121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
J121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
K121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
L121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
M121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
N121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
O121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
P121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
Q121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
R121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
S121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
T121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
U121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
V121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
W121: (F2) CW120 +D44\*220\*12  
A123: Juros do financiamento

D123: (F2) CW120 +D103  
E123: (F2) CW120 +E103  
F123: (F2) CW120 +F103  
G123: (F2) CW120 +G103  
H123: (F2) CW120 +H103  
I123: (F2) CW120 +I103  
J123: (F2) CW120 +J106  
K123: (F2) CW120 +K106  
L123: (F2) CW120 +L106  
M123: (F2) CW120 +M106  
N123: (F2) CW120 +N106  
O123: (F2) CW120 +O106  
P123: (F2) CW120 +P106  
Q123: (F2) CW120 +Q106  
R123: (F2) CW120 +R106  
S123: (F2) CW120 +S106  
T123: (F2) CW120 +T106  
U123: (F2) CW120 +U106  
V123: (F2) CW120 +V106  
W123: (F2) CW120 +W106  
A125: Amortizacao do financiamento  
D125: (F2) CW120 +D102  
E125: (F2) CW120 +E102  
F125: (F2) CW120 +F102  
G125: (F2) CW120 +G102  
H125: (F2) CW120 +H102  
I125: (F2) CW120 +I102  
J125: (F2) CW120 +J105  
K125: (F2) CW120 +K105  
L125: (F2) CW120 +L105  
M125: (F2) CW120 +M105  
N125: (F2) CW120 +N105  
O125: (F2) CW120 +O105  
P125: (F2) CW120 +P105  
Q125: (F2) CW120 +Q105  
R125: (F2) CW120 +R105  
S125: (F2) CW120 +S105  
T125: (F2) CW120 +T105  
U125: (F2) CW120 +U105  
V125: (F2) CW120 +V105  
W125: (F2) CW120 +W105  
A127: Depreciacao  
D127: (F2) CW120 +D120+D129  
E127: (F2) CW120 +E120+E129  
F127: (F2) CW120 +F120+F129  
G127: (F2) CW120 +G120+G129  
H127: (F2) CW120 +H120+H129  
I127: (F2) CW120 +I120+I129  
J127: (F2) CW120 +J120+J129  
K127: (F2) CW120 +K120+K129  
L127: (F2) CW120 +L120+L129  
M127: (F2) CW120 +M120+M129  
N127: (F2) CW120 +N120+N129  
O127: (F2) CW120 +O120+O129  
P127: (F2) CW120 +P120+P129  
Q127: (F2) CW120 +Q120+Q129  
R127: (F2) CW120 +R120+R129  
S127: (F2) CW120 +S120+S129  
T127: (F2) CW120 +T120+T129  
U127: (F2) CW120 +U120+U129

V127: (F2) CW12) +V120+V129  
W127: (F2) CW12) +W120+W129  
B120: [CW30] Edificacoes  
U120: (F2) CW12) (07\*0,05)  
E120: (F2) CW12) +S0120  
F120: (F2) CW12) +S0120  
G120: (F2) CW12) +S0120  
H120: (F2) CW12) +S0120  
I120: (F2) CW12) +S0120  
J120: (F2) CW12) +S0120  
K120: (F2) CW12) +S0120  
L120: (F2) CW12) +S0120  
M120: (F2) CW12) +S0120  
N120: (F2) CW12) +S0120  
O120: (F2) CW12) +S0120  
P120: (F2) CW12) +S0120  
Q120: (F2) CW12) +S0120  
R120: (F2) CW12) +S0120  
S120: (F2) CW12) +S0120  
T120: (F2) CW12) +S0120  
U120: (F2) CW12) +S0120  
V120: (F2) CW12) +S0120  
W120: (F2) CW12) +S0120  
B129: [CW30] Equipamentos  
D129: (F2) CW12) (BSUM(08..D10)\*0,2)  
E129: (F2) CW12) +S0129  
F129: (F2) CW12) +S0129  
G129: (F2) CW12) +S0129  
H129: (F2) CW12) +S0129  
A131: Lucro antes do IR  
D131: (F2) CW12) +D117-0119-0123-0127  
E131: (F2) CW12) +E117-E119-E123-E127  
F131: (F2) CW12) +F117-F119-F123-F127  
G131: (F2) CW12) +G117-G119-G123-G127  
H131: (F2) CW12) +H117-H119-H123-H127  
I131: (F2) CW12) +I117-I119-I123-I127  
J131: (F2) CW12) +J117-J119-J123-J127  
K131: (F2) CW12) +K117-K119-K123-K127  
L131: (F2) CW12) +L117-L119-L123-L127  
M131: (F2) CW12) +M117-M119-M123-M127  
N131: (F2) CW12) +N117-N119-N123-N127  
O131: (F2) CW12) +O117-O119-O123-O127  
P131: (F2) CW12) +P117-P119-P123-P127  
Q131: (F2) CW12) +Q117-Q119-Q123-Q127  
R131: (F2) CW12) +R117-R119-R123-R127  
S131: (F2) CW12) +S117-S119-S123-S127  
T131: (F2) CW12) +T117-T119-T123-T127  
U131: (F2) CW12) +U117-U119-U123-U127  
V131: (F2) CW12) +V117-V119-V123-V127  
W131: (F2) CW12) +W117-W119-W123-W127  
A132: Imposto de renda  
E132: (F2) CW12) ((O131+@ABS(O131))/2)\*0,35  
F132: (F2) CW12) ((E131+@ABS(E131))/2)\*0,35  
G132: (F2) CW12) ((F131+@ABS(F131))/2)\*0,35  
H132: (F2) CW12) ((G131+@ABS(G131))/2)\*0,35  
I132: (F2) CW12) ((H131+@ABS(H131))/2)\*0,35  
J132: (F2) CW12) ((I131+@ABS(I131))/2)\*0,35  
K132: (F2) CW12) ((J131+@ABS(J131))/2)\*0,35  
L132: (F2) CW12) ((K131+@ABS(K131))/2)\*0,35  
M132: (F2) CW12) ((L131+@ABS(L131))/2)\*0,35

N132: (F2) CW12) ((N131+@ABS(N131))/2)\*0,35  
O132: (F2) CW12) ((O131+@ABS(O131))/2)\*0,35  
P132: (F2) CW12) ((P131+@ABS(P131))/2)\*0,35  
Q132: (F2) CW12) ((Q131+@ABS(Q131))/2)\*0,35  
R132: (F2) CW12) ((R131+@ABS(R131))/2)\*0,35  
S132: (F2) CW12) ((S131+@ABS(S131))/2)\*0,35  
T132: (F2) CW12) ((T131+@ABS(T131))/2)\*0,35  
U132: (F2) CW12) ((U131+@ABS(U131))/2)\*0,35  
V132: (F2) CW12) ((V131+@ABS(V131))/2)\*0,35  
W132: (F2) CW12) ((W131+@ABS(W131))/2)\*0,35  
X132: (F2) CW12) ((X131+@ABS(X131))/2)\*0,35  
A133: -  
B133: [CW30] -  
C133: [CW12] -  
D133: [CW12] -  
E133: [CW12] -  
F133: [CW12] -  
G133: [CW12] -  
H133: [CW12] -  
I133: [CW12] -  
J133: [CW12] -  
K133: [CW12] -  
L133: [CW12] -  
M133: [CW12] -  
N133: [CW12] -  
O133: [CW12] -  
P133: [CW12] -  
Q133: [CW12] -  
R133: [CW12] -  
S133: [CW12] -  
T133: [CW12] -  
U133: [CW12] -  
V133: [CW12] -  
W133: [CW12] -  
X133: [CW12] -  
A135: FLUXO DO EMPREENHIMENTO  
C135: (F2) CW12) -D14  
U135: (F2) CW12) +U117-0119-0123-0132  
E135: (F2) CW12) +E117-E119-E123-E132  
F135: (F2) CW12) +F117-F119-F123-F132  
G135: (F2) CW12) +G117-G119-G123-G132  
H135: (F2) CW12) +H117-H119-H123-H132  
I135: (F2) CW12) +I117-I119-I123-I132  
J135: (F2) CW12) +J117-J119-J123-J132  
K135: (F2) CW12) +K117-K119-K123-K132  
L135: (F2) CW12) +L117-L119-L123-L132  
M135: (F2) CW12) +M117-M119-M123-M132  
N135: (F2) CW12) +N117-N119-N123-N132  
O135: (F2) CW12) +O117-O119-O123-O132  
P135: (F2) CW12) +P117-P119-P123-P132  
Q135: (F2) CW12) +Q117-Q119-Q123-Q132  
R135: (F2) CW12) +R117-R119-R123-R132  
S135: (F2) CW12) +S117-S119-S123-S132  
T135: (F2) CW12) +T117-T119-T123-T132  
U135: (F2) CW12) +U117-U119-U123-U132  
V135: (F2) CW12) +V117-V119-V123-V132  
W135: (F2) CW12) +W117-W119-W123-W132  
X135: (F2) CW12) +X117-X119-X123-X132  
A137: FLUXO DOS AÇIONISTAS  
C137: (F2) CW12) -D14+090

D137: (F2) CW12) +D117-0119-0123-0125-0132  
E137: (F2) CW12) +E117-E119-E123-E125-E132  
F137: (F2) CW12) +F117-F119-F123-F125-F132  
G137: (F2) CW12) +G117-G119-G123-G125-G132  
H137: (F2) CW12) +H117-H119-H123-H125-H132  
I137: (F2) CW12) +I117-I119-I123-I125-I132  
J137: (F2) CW12) +J117-J119-J123-J125-J132  
K137: (F2) CW12) +K117-K119-K123-K125-K132  
L137: (F2) CW12) +L117-L119-L123-L125-L132  
M137: (F2) CW12) +M117-M119-M123-M125-M132  
N137: (F2) CW12) +N117-N119-N123-N125-N132  
O137: (F2) CW12) +O117-0119-0123-0125-0132  
P137: (F2) CW12) +P117-P119-P123-P125-P132  
Q137: (F2) CW12) +Q117-Q119-Q123-Q125-Q132  
R137: (F2) CW12) +R117-R119-R123-R125-R132  
S137: (F2) CW12) +S117-S119-S123-S125-S132  
T137: (F2) CW12) +T117-T119-T123-T125-T132  
U137: (F2) CW12) +U117-U119-U123-U125-U132  
V137: (F2) CW12) +V117-V119-V123-V125-V132  
W137: (F2) CW12) +W117-W119-W123-W125-W132  
X137: (F2) CW12) +X117-X119-X123-X125-X132  
A139: -  
B139: [CW30] -  
C139: [CW12] -  
D139: [CW12] -  
E139: [CW12] -  
F139: [CW12] -  
G139: [CW12] -  
H139: [CW12] -  
I139: [CW12] -  
J139: [CW12] -  
K139: [CW12] -  
L139: [CW12] -  
M139: [CW12] -  
N139: [CW12] -  
O139: [CW12] -  
P139: [CW12] -  
Q139: [CW12] -  
R139: [CW12] -  
S139: [CW12] -  
T139: [CW12] -  
U139: [CW12] -  
V139: [CW12] -  
W139: [CW12] -  
X139: [CW12] -  
A141: TAXA INTERNA DE RETORNO DO EMPREENHIMENTO  
D141: (P2) CW12) @IRR(1,C135..X135)  
A143: TAXA INTERNA DE RETORNO DOS AÇIONISTAS  
D143: (P2) CW12) @IRR(1,C137..X137)