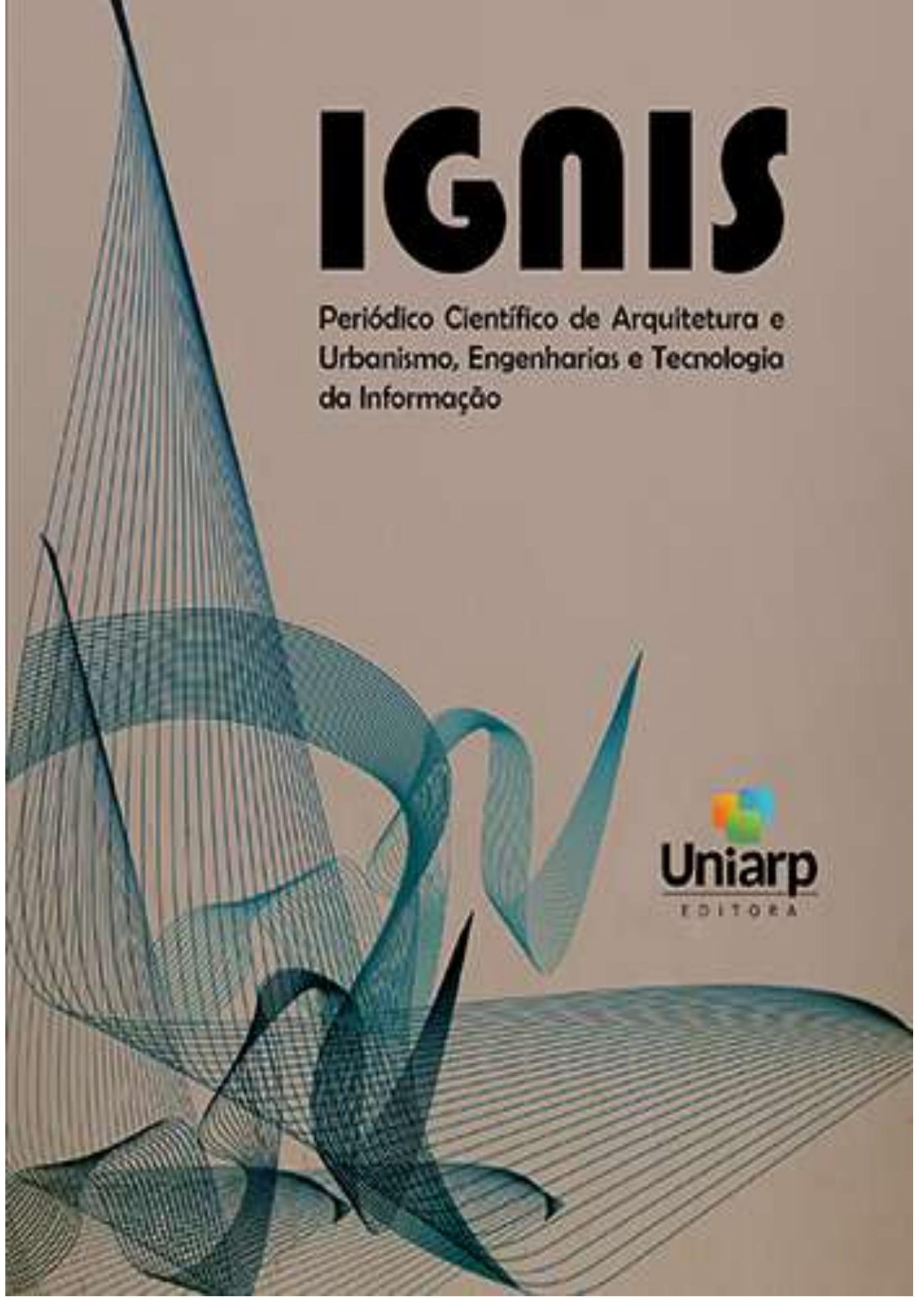


# IGNIS

Periódico Científico de Arquitetura e  
Urbanismo, Engenharias e Tecnologia  
da Informação



  
**Uniarp**  
EDITORA

## EXPEDIENTE

### EDITOR

Profa. Dra. Liane da Silva Bueno, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

### CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Adelcio Machado dos Santos, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Dr. Anderson Antônio Mattos Martins, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Ms. Everaldo Cesar de Castro, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Ms. Luiz Augusto Grandó Padilha, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Dr. Mauricio Gariba Junior, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Florianópolis, SC, Brasil

Prof. Dr. Nilo Otani, Instituto de Pesquisas e Estudos em Administração Universitária - INPEAU/UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

### COMISSÃO CIENTÍFICA AD HOC

Prof. Dr. Adelcio Machado dos Santos, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Anderson Antônio Mattos Martins, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Ms. Antonio Pedro Tessaro, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Ms. Everaldo Cesar de Castro, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Ms. Luiz Augusto Grandó Padilha, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

Prof. Esp. Jean Carlos Bettoni, Universidade do Estado de Santa Catarina-CAV, SC, Brasil

Prof. Dr. Mauricio Gariba Junior, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), Florianópolis, SC, Brasil

Prof. Dr. Nilo Otani, Instituto de Pesquisas e Estudos em Administração Universitária - INPEAU/UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

Prof. Ms. Rodrigo Acácio Paggi, Instituto Federal de Santa Catarina, Caçador, SC, Brasil

### CAPA

Denise Bolzan Barpp, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

### EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Prof. Dr. Joel Haroldo Baade, Uniarp, Caçador, SC, Brasil

### BIBLIOTECÁRIA

Célia De Marco, UNIARP, Caçador, SC, Brasil

ISSN: 2316-1221

O respeito às normas ortográficas vigentes e às fontes, mediante sua correta referência, no espírito da honestidade intelectual são de responsabilidade dos autores e das autoras dos textos.

Qualquer parte da publicação pode ser reproduzida desde que citada a fonte.

Os textos aqui reproduzidos e as opiniões neles contidas são de inteira responsabilidade de seus autores e de suas autoras e não expressam necessariamente a posição da revista.

As normas de publicação estão dispostas no site.

## SUMÁRIO

<b>EDITORIAL .....</b>	<b>5</b>
<b>ESTUDO DE CASO: REVITALIZAÇÃO DE UMA CISTERNA DE ÁGUA NA ESCOLA MUNICIPAL HILDA GRANEMANN DE SOUSA, PARA FINS DE USO NÃO POTÁVEL.....</b>	<b>6</b>
<b>CONCRETO TRANSLÚCIDO COM ADIÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS.....</b>	<b>19</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.....</b>	<b>34</b>
<b>PROJETO ESTRUTURAL DE UMA CERVEJARIA COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE EBERICK.....</b>	<b>43</b>
<b>ESTUDO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA A USINA DE ASFALTO DO MUNICÍPIO DE CAÇADOR/SC .....</b>	<b>60</b>
<b>ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CONCRETO COM ADIÇÃO DE NANOSÍLICA E O CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO .....</b>	<b>80</b>
<b>ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO LEVE COM AR INCORPORADO .....</b>	<b>95</b>
<b>FRESADORA CNC DE BANCADA DIDÁTICA.....</b>	<b>109</b>
<b>ELABORAÇÃO DO PROJETO DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO EM UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE PINHEIRO PRETO –SC .....</b>	<b>117</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE AMBIENTE INDUSTRIAL POR ASPERSÃO DE ÁGUA NO TELHADO .....</b>	<b>137</b>

## EDITORIAL

IGNIS

Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenharias e Tecnologia da Informação

Agosto 2018

Prezados,

A presente edição da IGNIS, Volume 07, Nº 02, refere-se à segunda edição de 2018, apresentando 10 artigos contemplando as áreas de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica.

A IGNIS, é uma revista eletrônica de acesso livre e gratuito.

É um periódico científico eletrônico dirigido à comunidade científica das áreas das ciências exatas, da terra e correlatas. Tem a missão de disseminar o debate científico, divulgar pesquisas, informações voltadas a práticas profissionais, por meio da publicação de artigos, resultados de pesquisas técnico científicas, bem como comunicações reflexivas sobre a produção de ciência que contribuam para o avanço do conhecimento.

Desejo uma boa leitura a todos!

Liane da Silva Bueno



### **ENGENHARIA AMBIENTAL**

- ESTUDO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA A USINA DE ASFALTO DO MUNICÍPIO DE CAÇADOR/SC

### **ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

- PROJETO ESTRUTURAL DE UMA CERVEJARIA COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE EBERICK

### **MATERIAIS**

- ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CONCRETO COM ADIÇÃO DE NANOSÍLICA E O CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO
- ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO LEVE COM AR INCORPORADO
- CONCRETO TRANSLÚCIDO COM ADIÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS

### **HIDRÁULICA**

- ESTUDO DE CASO: REVITALIZAÇÃO DE UMA CISTERNA DE ÁGUA NA ESCOLA MUNICIPAL HILDA GRANEMANN DE SOUSA, PARA FINS DE USO NÃO POTÁVEL

### **PROJETOS**

- ELABORAÇÃO DO PROJETO DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO EM UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE PINHEIRO PRETO-SC
- DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO
- FRESADORA CNC DE BANCADA DIDÁTICA
- DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE AMBIENTE INDUSTRIAL POR ASPERSÃO DE ÁGUA NO TELHADO

**ESTUDO DE CASO: REVITALIZAÇÃO DE UMA CISTERNA DE ÁGUA NA ESCOLA  
MUNICIPAL HILDA GRANEMANN DE SOUSA, PARA FINS DE USO NÃO POTÁVEL**

*CASE STUDY: REVITALIZATION OF A WATER CISTERN IN THE HILDA GRANEMANN OF  
SOUSA MUNICIPALITY SCHOOL , FOR PURPOSES OF NON-POTABLE USE*

Bruna Caroline Carvalho<sup>1</sup>  
Tiago Borga<sup>2</sup>

**RESUMO**

A água vem sendo um dos assuntos mais preocupantes em todo o mundo nas últimas décadas, estudos apontam que ainda há água suficiente para suprir as necessidades do crescimento do mundo, mas sem a conscientização das pessoas esse relatório pode mudar. De acordo com estudos o consumo da água cresceu duas vezes mais do que a população, e a estimativa da demanda é que cresça ainda mais até 2050, se mantermos os mesmos padrões de uso o mundo enfrentará um déficit no abastecimento de água. Pode-se atribuir fatores que causarão grandes problemas para que a falta de água atinja o mundo como, por exemplo, a intensa urbanização, práticas inadequadas agrícolas, poluição, prejudicando a oferta de água limpa no mundo. É fundamental que os recursos hídricos sejam vistas como uma problemática com solução sendo usadas alternativas sustentáveis para evitar uma grande crise do abastecimento no futuro. De maneira geral a mudança deve-se começar nas administrações públicas, infraestruturas, onde muitas vezes não leva em conta o tamanho do problema que se enfrenta deixando de lado possíveis soluções. Sendo assim o presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre um sistema de captação de água da chuva na EEB Hilda Granemann de Sousa, direcionando para as cisternas existentes na mesma, além de apresentar sugestões para uso racional da água proveniente da mesma.

---

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: [brunacaroline98@gmail.com](mailto:brunacaroline98@gmail.com).

<sup>2</sup> Professor Orientador. Graduado em Engenharia Ambiental, pela Universidade do Contestado, Pós Graduado em Gestão, perícia e auditoria ambiental, pela Fundação Oswaldo Cruz (FOC), Mestrado em Desenvolvimento e Sociedade e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

**Palavras-Chave:** Aproveitamento. Captação. Água da chuva. Conscientização. Escolas.

## ABSTRACT

Water has been one of the most worrying issues in the world over the past few decades, studies suggest that there is still enough water to meet the world's growth needs, but without the awareness of people this report may change. According to studies water consumption has grown twice as much as the population, and demand is expected to grow even more by 2050, if we maintain the same standards of use the world will face a deficit in water supply. One can attribute factors that will cause great problems for the lack of water to hit the world, such as intense urbanization, inadequate agricultural practices, pollution, harming the supply of clean water in the world. It is essential that water resources be seen as a problem with solution and sustainable alternatives are used to avoid a major supply crisis in the future. In general, the change must begin in the public administrations, infrastructures, where it often does not take into account the size of the problem that faces, leaving aside possible solutions. Therefore, the present work presents a suggestion of implantation of a rainwater harvesting system in EEB Hilda Granemann de Sousa, directing to the existing cisterns in the same one.

**Keywords:** Harnessing. Captation. Rain water. Awareness. Schools.

## INTRODUÇÃO

A água é um dos mais importantes constituintes do meio ambiente e um recurso natural essencial para a sobrevivência da vida na Terra. Além de ser insubstituível, a água ocupa cerca de 75% da superfície da Terra, sendo que 97,5% dessa água é salgada, situada nos oceanos e mares, e apenas 2,5% é água doce. Desses 2,5%, apenas 0,26% é disponível para o consumo humano (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2005).

Em virtude do recurso hídrico limitado é imprescindível a utilização de novos meios para aproveitamento satisfatório para o uso de água (MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 1998).

Nesta situação, a utilização da água e os sistemas de captação de água pluvial surgem como um meio de conservação da água e como alternativa para enfrentar a carência do recurso (GOLDENFUM, 2005).

---

Deste modo o trabalho se justifica por realizar um estudo de caso com a possibilidade concreta de propor ideias para revitalizar as cisternas que se encontram sem utilização, captando água da chuva, direcionando para as mesmas, com o propósito de utilizar essa água para fins não potáveis, gerando economia e contribuindo para a preservação ambiental na EEB Hilda Granemann de Sousa, e o objetivo específico será composto por:

- Estudar a possibilidade de viabilizar a revitalização das cisternas;
- Contribuir com a preservação dos recursos hídricos motivando os alunos a contribuir.

## DESENVOLVIMENTO

### CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

A água de chuva pode ser utilizada como manancial abastecedor, sendo armazenada em cacimbas ou cisternas, que são pequenos reservatórios individuais. A cisterna tem sua aplicação em áreas de grande pluviosidade ou, em casos extremos, em áreas de seca onde se procura acumular a água da época chuvosa para a época de estiagem com o propósito de garantir, pelo menos, a água para beber (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC, 2018).



Figura 01 – Sistema de captação de água da chuva

Fonte: Porte (2018)

## Normas para Captação da Água da Chuva

Esta norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (NBR 15527, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2007).

- NBR 5626 (ABNT, 1998): Instalação predial de água fria;
- NBR 10844 (ABNT, 1989): Instalações prediais de águas pluviais;
- NBR 12213 (ABNT, 1992): Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- NBR 12214 (ABNT, 1992): Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;
- NBR 12217 (ABNT, 1994): Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

## Qualidade da água para fins não potáveis

A água de chuva pode ser utilizada para uso total ou parcial. O uso total de água pluvial inclui a utilização da água para beber, cozinhar e higiene pessoal, enquanto que o uso parcial abrange aplicações específicas em pontos hidráulicos, como por exemplo, somente nos pontos de abastecimento de vasos sanitários (MANO; SCHMITT, 2004).

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre <sup>a</sup>	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT <sup>b</sup> , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH <sup>c</sup>
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez.		
<sup>c</sup> uH é a unidade Hazen.		

Figura 02 – Parâmetros para análise e tratamento de água

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007).

## METOLOGIA E MATERIAIS

O presente trabalho verificou a viabilidade de se revitalizar as cisternas que se encontram desativado na Escola Municipal Educação Básica Hilda Granemann de Sousa. Para alcançar este objetivo, no qual inclui a revitalização das cisternas, foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: Pesquisa bibliográfica, descrição do objeto de estudo *in loco*.

## SITUAÇÃO ATUAL DAS CISTERNAS

As cisternas da Escola Municipal de Educação Básica Hilda Granemann de Sousa encontram-se desativadas, no entanto, abastecidas de água fornecida pela CASAN. Sua estrutura encontra-se bem preservada e sem vazamento devido a

manter a mesma quantidade de água que lhe foram abastecidas.

Para um melhor estudo também foi realizado uma análise da água que se encontra nas cisternas, comprovando os parâmetros de qualidade.

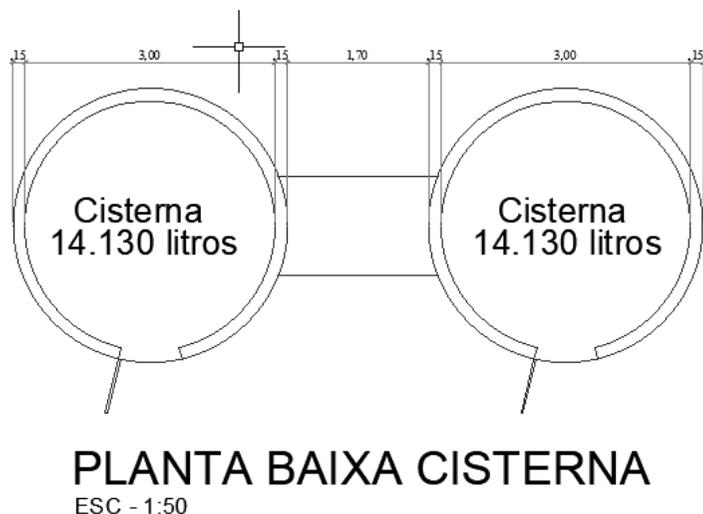


Figura 03 – Planta baixa cisternas

Fonte: Instituto de Pesquisa e Planejamento de Caçador – IPPUC (2018).

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

### LOCAL DO ESTUDO

O local da sugestão para revitalização das cisternas com captação da água da chuva é na Escola Municipal de Educação Básica Hilda Granemann de Souza, com área construída é de 4.776,91 m<sup>2</sup> sendo que está dividido em setores, sendo eles, Bloco 1 com área de 804,03 m<sup>2</sup>, passagem coberta 1 com área 130,39 m<sup>2</sup>, Bloco 2 com área 1017,98 m<sup>2</sup>, passagem coberta 2 com área 33,61 m<sup>2</sup>, Bloco 3 com área 1.609,68 m<sup>2</sup>, passagem coberta 3 com área 238,31 m<sup>2</sup>, ginásio de esporte com área 895,35 m<sup>2</sup>, casa de apoio com área 47,56 m<sup>2</sup>, localizada em Caçador – SC.

### SITUAÇÃO ATUAL DAS CISTERNAS

Para averiguação de um melhor estudo da água que se encontra atualmente nas cisternas foi executado uma análise, segue abaixo resultado dos

parâmetros em que se encontram, sendo que as mesmas encontram em perfeito estado para funcionamento.

RESULTADOS			
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADES	LEGISLAÇÃO 1
Cor aparente	24,73	Pt/Co	inferior à 15 Pt/Co
pH(c)	11,30	pH a 25°C	entre 6,0 e 9,5 pH a 25°C
Turbidez	2,59	NTU	inferior à 5 NTU
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADES	LEGISLAÇÃO 1
Coliformes totais	Ausência	em 100 mL	Ausência em 100 mL
Escherichia coli	Ausência	em 100 mL	Ausência em 100 mL

DADOS RELATIVOS AO ENSAIO					
PARÂMETRO	LQ	U95%	MÉTODO	DATA INÍCIO ENSAIO	DATA TÉRMINO ENSAIO
Cor aparente	5,52	1,44	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 2120 C	10/10/2018	10/10/2018
pH(c)	-	0,04	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 4500 - H + B	09/10/2018	09/10/2018

Turbidez	0,50	0,71	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 2130B	10/10/2018	10/10/2018
Coliformes totais	Ausência	-	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 9223 B	10/10/2018	11/10/2018
Escherichia coli	Ausência	-	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 9223 B	10/10/2018	11/10/2018

Figura 04 – Parâmetro da Água cisterna 01

Fonte: Terranálises (2018)

RESULTADOS			
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADES	LEGISLAÇÃO 1
Cor aparente	35,67	Pt/Co	inferior à 15 Pt/Co
pH(c)	11,15	pH a 25°C	entre 6,0 e 9,5 pH a 25°C
Turbidez	3,31	NTU	inferior à 5 NTU
PARÂMETRO	RESULTADO	UNIDADES	LEGISLAÇÃO 1
Coliformes totais	Ausência	em 100 mL	Ausência em 100 mL
Escherichia coli	Ausência	em 100 mL	Ausência em 100 mL

DADOS RELATIVOS AO ENSAIO					
PARÂMETRO	LQ	U95%	MÉTODO	DATA INÍCIO ENSAIO	DATA TÉRMINO ENSAIO
Cor aparente	5,52	1,44	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 2120 C	10/10/2018	10/10/2018
pH(c)	-	0,04	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 4500 - H + B	09/10/2018	09/10/2018

Turbidez	0,50	0,71	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 2130B	10/10/2018	10/10/2018
Coliformes totais	Ausência	-	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 9223 B	10/10/2018	11/10/2018
Escherichia coli	Ausência	-	SMEWW 22nd ed. 2012 Method 9223 B	10/10/2018	11/10/2018

Figura 05 – Parâmetro da Água cisterna 02

Fonte: Terranálises (2018)

## MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

Para o dimensionamento foi mantido alguns dispositivos que já existiam na construção, sendo assim complementando com os que faltavam para adequar o projeto da captação da água da chuva. Os componentes que foram necessários dimensionar foram os: Condutores horizontais, dispositivo de autolimpeza .

### DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES HORIZONTAIS

De acordo com o projeto nas saídas dos condutores verticais foi anexado condutores horizontais manteve-se o diâmetro de 75mm, após chegar na rede de drenagem direcionado para as cisternas teve um aumento do diâmetro conforme a tabela para dimensão dos condutores horizontais.

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Figura 06 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

---

## DIMENSIONAMENTO DO DISPOSITIVO DE AUTOLIMPEZA

O calculo do sistema de autolimpeza Segundo Dacach (1990), o reservatório deve ter capacidade para armazenar 0,8 a 1,5 L/m<sup>2</sup> de telhado.

Calculo:  $1609,68 * 1,2 = 1931,61$ , ou seja, 1,9 l/s

## PROJETO PARA EXECUÇÃO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA

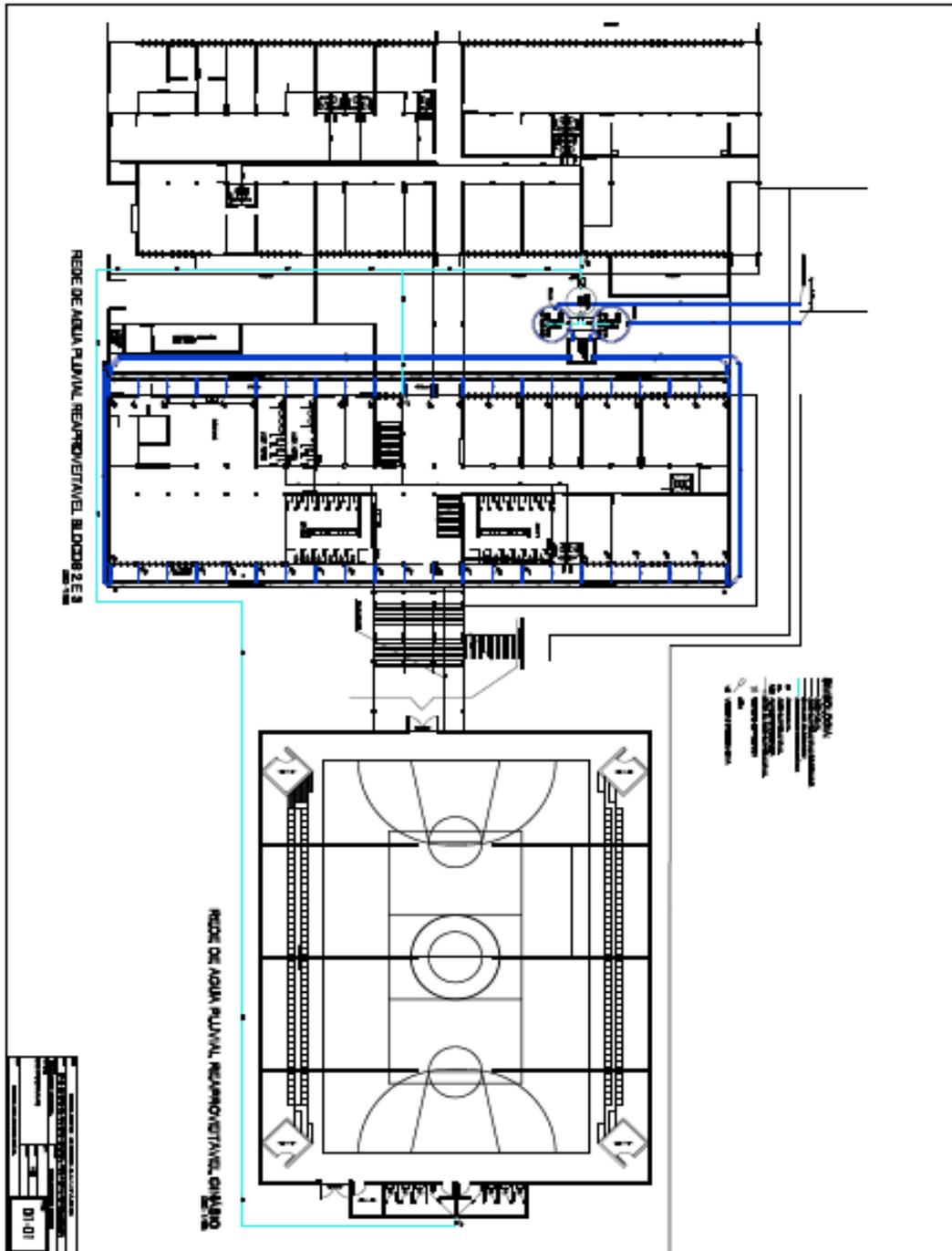


Figura 07: Projeto de captação da água da chuva

Fonte: O próprio autor

---

## CONCLUSÃO

O uso de sistema de captação da água da chuva para fins não potáveis deveriam ser considerados primordiais em estabelecimentos públicos, estabelecendo um maior entendimento da comunidade em relação à crise hídrica que podemos presenciar.

Com o crescimento da população e a falta de consciência em relação ao uso da água, o estudo proposto neste trabalho, além de apresentar projetos técnicos de engenharia civil também levou conhecimento sobre a importância da água em nossas vidas e processos justamente onde o consumo é elevado, empregando educação e consciência buscando diminuir os desperdícios causados pelos alunos, colaboradores e professores desta instituição.

Neste trabalho foi iniciado um estudo de revitalização das cisternas que se encontram em condições para a execução do projeto de captação de água da chuva, levando em consideração algumas alterações que deverão ser realizadas para obter um melhor aproveitamento.

Levando em consideração que a Escola Municipal de Educação Básica Hilda Granemann de Souza encontra-se localizada em um ponto mais elevado da cidade, ocorrem eventuais deficiências no abastecimento de água potável. Com as cisternas em funcionalidade o consumo de água potável será reduzido, assim, nos momentos que ocorrem essa deficiência a disponibilidade de água será prolongada evitando a falta da mesma e gerando uma redução de custos.

Para que fosse possível a realização de projetos de sustentabilidade, seria necessária uma maior interação do poder público, pais e professores para que houvesse mais oportunidades de realizações de estudos direcionados ao mesmo e melhorias dentro do local onde seria executado o projeto.

Deixo como sugestão para a Prefeitura Municipal de Caçador e a escola o projeto e cálculos de dimensionamento para execução da revitalização das cisternas com a captação da água da chuva na EEB Hilda Granemann de Sousa, sendo que para melhor resultado deve-se fazer levantamentos de vazamentos na Escola.

Conforme análise prévia do telhado, chegamos à conclusão que a área útil de captação de água tem capacidade suficiente para abastecer a demanda de água das cisternas, assim viabilizando a possibilidade da realização do projeto, sendo que

---

também se encontra dimensionado alguns componentes como calhas e condutores verticais assim agilizando o processo para a execução posterior do projeto.

Com base no estudo realizado pelo direcionamento da água, proveniente das cisternas, para fins não potáveis é possível utilizar nos setores responsáveis pela limpeza, descargas sanitárias e mictórias, gerando uma redução de consumo de água potável e reduzindo o impacto ambiental gerado pelo desperdício da água tratada, sendo substituída por um sistema sustentável, onde diminui os custos e gera a conscientização dos alunos e colaboradores usuários da água.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ANA, Agência Nacional das Águas. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo: Editora Gráfica, 2005.

GOLDENFUM, Joel Avruch. **Reaproveitamento de Águas Pluviais**. Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/55968/000851396.pdf?sequence=1>>.

IPPUC, Instituto de Pesquisa e Planejamento de Caçador. **Projeto arquitetônico da EEB Hilda Granemann de Sousa**, 2018.

MANO, Rafael Simões; SCHMITT, Carin Maria. Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema. I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL E ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

UFSC. **Tecnologias alternativas para aproveitamento de águas**. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/TAAA.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

PORTE, Empresa Júnior. **Captação de águas pluviais**. Disponível em:

---

<<http://portejr.com.br/captacao-de-aguas-pluviais/>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

# CONCRETO TRANSLÚCIDO COM ADIÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS

## TRANSLUCENT CONCRETE WITH ADDITION OF OPTICAL FIBERS

Camila Aparecida Fernandes de Freitas<sup>1</sup>  
Gabriela Cassol<sup>2</sup>

### RESUMO

Com a busca por novos materiais para a preservação dos recursos naturais para a construção civil, um novo material vem chamando atenção por sua proposta. Criado em 2001 na Húngria, o concreto translúcido é um material que traz uma inovação, com a adição das fibras ópticas ele permite que a luz o penetre. Vale lembrar, que apesar de ser chamado originalmente de concreto translúcido, o material é constituído por uma mistura de argamassa com a adição das fibras ópticas poliméricas. O principal questionamento levantado neste trabalho é qual das duas fibras ópticas, a fibra óptica de vidro ou a polimérica adicionadas ao bloco de argamassa tem mais translucidez? O presente trabalho teve como premissa desenvolver uma pesquisa comparativa entre fibra óptica de vidro e a fibra óptica polimérica para verificar qual apresentaria maior luminosidade através da argamassa. Como é um material inovador necessita de várias pesquisas e em cima dos trabalhos que já foram desenvolvidos, nenhum realizou a comparação. Dessa maneira, foi elaborado um estudo da dosagem da argamassa, com base nos estudos já realizados. Na primeira fase, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e foi definida a metodologia que foi executada nesta segunda fase do trabalho. Nesta segunda etapa foram realizados os ensaios de caracterização dos materiais, a dosagem da argamassa, ensaios no estado fresco da argamassa e a confecção dos protótipos com adições das fibras que foram submetidos a ensaios laboratoriais para análise dos resultados de resistência à compressão, e o ensaio de luminosidade.

**Palavras-Chave:** Concreto translúcido. Fibras ópticas. Translucidez.

---

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: [camilabuenos2@hotmail.com](mailto:camilabuenos2@hotmail.com).

<sup>2</sup> Professora Orientadora. Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Mestrado em Engenharia Civil, pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) campus de Ilha Solteira e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

## ABSTRACT

With the search for new materials for the preservation of natural resources for civil construction, a new material has been drawing attention to its proposal. Created in 2001 in Hungary, translucent concrete is a material that brings innovation, with the addition of optical fibers it allows light to penetrate. It is worth remembering that, although originally called translucent concrete, the material consists of a mortar mix with the addition of the polymer optical fibers. The main question raised in this work is which of the two optical fibers, the glass fiber optic or the polymer fiber added to the mortar block has more translucency? The present work had as premise to develop a comparative research between optical fiber of glass and the polymeric optical fiber to verify which would present greater luminosity through the mortar. Because it is an innovative material, it requires several researches and, on top of the works that have already been developed, none have made the comparison. In this way, a study of the mortar dosage was elaborated, based on the studies already carried out. In the first phase, a bibliographical research was carried out and the methodology that was executed in this second phase of the work was defined. In this second stage, the characterization of the materials, the dosing of the mortar, the fresh state of the mortar and the preparation of the prototypes were performed with additions of the fibers that were submitted to laboratory tests to analyze the results of resistance to compression, and the test of brightness.

**Keywords:** Translucent Concrete. Optical fibers. Translucency.

## INTRODUÇÃO

Constantemente no Brasil e em todo o mundo, há uma busca por novos materiais para a construção civil, com isso surgem às pesquisas e as inovações, visando uma maior economia e a preservação dos recursos naturais.

Essa busca é feita para vários materiais da construção civil, mas mais especificamente para o concreto, que é um elemento da construção desde o século XX, esse material hoje é o segundo mais consumido pelo homem, perde apenas para a água, ele é dia após dia estudado para que venham se desenvolver novas incorporações para assim criar novos materiais que sejam benéficos para a sociedade (RESTREPO, 2013).

Logo, em 2001, surge o concreto translúcido, desenvolvido na Húngria, através de um bloco de concreto translúcido, feito pelo arquiteto húngaro Aron Losonczy, segundo o autor o concreto translúcido, possui resistência mecânica que

---

se assemelha ao concreto convencional, e devido à adição das fibras, permite ver as silhuetas do lado contrário (TUTIKIAN, 2009).

Uma questão essencial a ser descrita é quanto à nomenclatura do material. Apesar de ser chamado de concreto translúcido, o LitraCon é, originalmente, constituído por uma mistura de argamassa com adição de fibra óptica não sendo utilizado, portanto, agregado graúdo. Acredita-se então, que a razão para esse material ser chamado de concreto translúcido pela empresa que originalmente o desenvolveu seja para efeitos de marketing, a fim de causar maior impacto na sua divulgação (HENRIQUES, 2013).

Nos blocos confeccionados com concreto translucido, as fibras ópticas ficam encarregadas de transportar a luz de um lado para o outro, sendo assim, haveria uma certa economia de energia, devido ao aproveitamento da luz do sol (RESTREPO, 2013).

Essas fibras estão disponíveis nos mais variados tipos para fins comerciais e uso experimental, sendo: as fibras metálicas, de vidro, sintéticas, e as naturais (HENRIQUES, 2013).

Logo, surge o seguinte problema: Qual das duas fibras, de vidro ou a polimérica, apresentará maior translucidez no concreto?

O presente trabalho tem como premissa desenvolver uma pesquisa comparativa entre fibra óptica de vidro e a fibra óptica polimérica para verificar qual apresenta maior luminosidade através do bloco de argamassa, como é um material inovador necessita de várias pesquisas e em cima dos trabalhos que já foram desenvolvidos, nenhum realizou a comparação.

Como o concreto é considerado um dos mais importantes materiais utilizados na construção civil, a pesquisa busca conhecimento nessa nova tecnologia. O concreto translúcido pode ser utilizado tanto para fins estéticos como para fins estruturais, e a maior vantagem dele é a utilização da luz natural que penetra o concreto através das fibras. Como no Brasil esse material é considerado novo o presente estudo tentará especificar qual das duas fibras juntamente com o bloco de argamassa terá translucidez através do protótipo.

---

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo irá apresentar o programa experimental realizado no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP) em Caçador. Inicialmente foi realizada a caracterização do agregado miúdo, após foi confeccionado o traço da argamassa. Em seguida foram realizados os ensaios no estado fresco da argamassa e logo após os corpos de prova foram moldados, em seguida foi realizado o ensaio no estado endurecido da argamassa dos corpos de prova aos 07,14 e 28 dias para analisar a resistência à compressão e a tração na flexão. Por fim foram moldados os protótipos com argamassa e as fibras ópticas poliméricas e fibras ópticas de vidro para o ensaio de luminosidade.

### MATERIAIS

#### Cimento Portland

Neste trabalho foi utilizado o cimento Portland CP II Z – 32, que foi encontrado com facilidade, sendo empregado em obras diversificadas.

De acordo com a NBR 11578 (ABNT, 1997) o cimento CP II Z – 32 contém, de 94 a 76% de clínquer mais sulfatos de cálcio, 6 a 14% material pozolânico e de 0 a 10% material carbonático.

#### Agregado miúdo

O agregado miúdo que foi utilizado na realização deste estudo, foi a areia fina, procedente da região de Porto União – Santa Catarina, com massa específica de  $2,66 \text{ g/cm}^3$ , massa unitária de  $1,468 \text{ g/dm}^3$  e módulo de finura de 1,52.

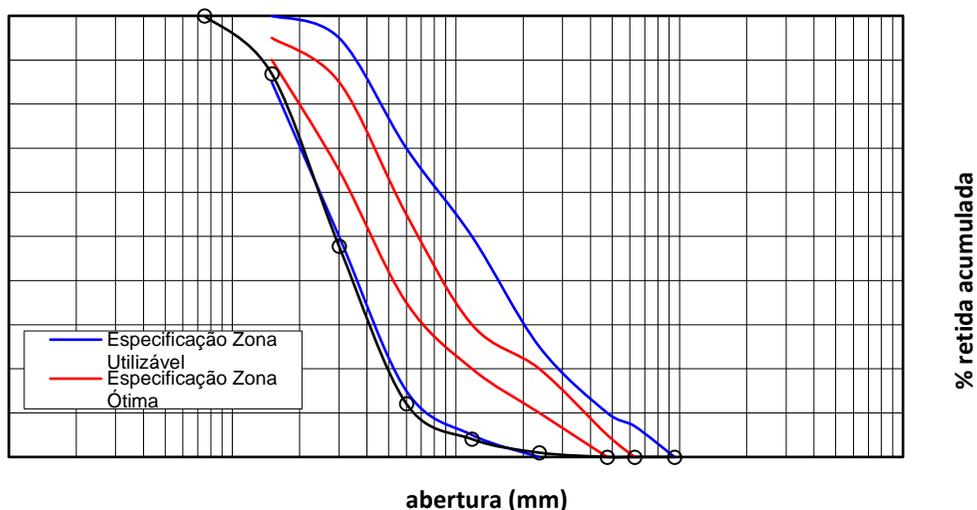


Figura 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo

Fonte: O próprio autor

## Fibras Ópticas

Para a comparação do concreto translucido foram utilizadas dois tipos de fibra óptica neste trabalho, sendo a fibra óptica de vidro e a fibra óptica de plástico.

A fibra óptica de vidro utilizada em um dos protótipos foi da empresa ZTT Fibra Óptica localizada em Videira/SC, a fibra utilizada será a SM G.652D (Zero pico d'água – LWP) – mais usual no mercado de Telecom, com ampla utilização nas redes externas. Por meio de processos industriais de produção que diminuem ou eliminam o efeito “pico d'água”, permite que a faixa de comprimento de onda de 1400nm seja utilizada para tráfego de sistemas ópticos com baixa atenuação, o que possibilita a utilização em toda a faixa de comprimento de onda, desde 1310nm até 1625nm, faixas nas quais os equipamentos CWDM atuam (ZTT, 2018).

A fibra óptica de plástica utilizada foi obtida através de uma empresa brasileira distribuidora de abajures fabricados na China, não sendo possível obter informações do fabricante e composição do material.

## Água de Amassamento

A água de amassamento utilizada no desenvolvimento dos traços do concreto em estudo é de procedência do poço artesiano que abastece a UNIARP em

---

Caçador – Santa Catarina.

## MÉTODOS

### Método de Dosagem dos Traços de Concretos

O estudo de dosagem do traço de argamassa foram realizados no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

Foi adotado um único traço, dentre as pesquisas consultadas, optou por usar o traço 1:2,22:0,5 (HENRIQUES, 2013).

### Ensaio da Argamassa

O ensaio para determinar a consistência da argamassa no estado fresco que foi realizado está descrito na NBR NM 13276 (ABNT, 2002): Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

Para a retenção de água da argamassa no estado fresco foi determinada de acordo com a NBR NM 13277 (ABNT, 1995): Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.

Para a densidade da massa da argamassa no estado fresco foi determinada de acordo com a NBR NM 13278 (ABNT, 1995): Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.

Na confecção dos protótipos tanto para a fibra óptica de vidro como para a fibra óptica de plástico, foram fabricadas pequenas placas de isopor no tamanho 12x7x6 onde as fibras serão distribuídas sobre as camadas de argamassa e depois foi cortado o bloco ao meio.

O ensaio de resistência à compressão da argamassa foi determinada pelo rompimento dos corpos de prova, segundo método expresso na NBR 13279 (ABNT, 2005): Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

A resistência à tração na flexão da argamassa foi determinada pelo

rompimento dos corpos de prova, segundo método expresso na NBR 13279 (ABNT, 2005): Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

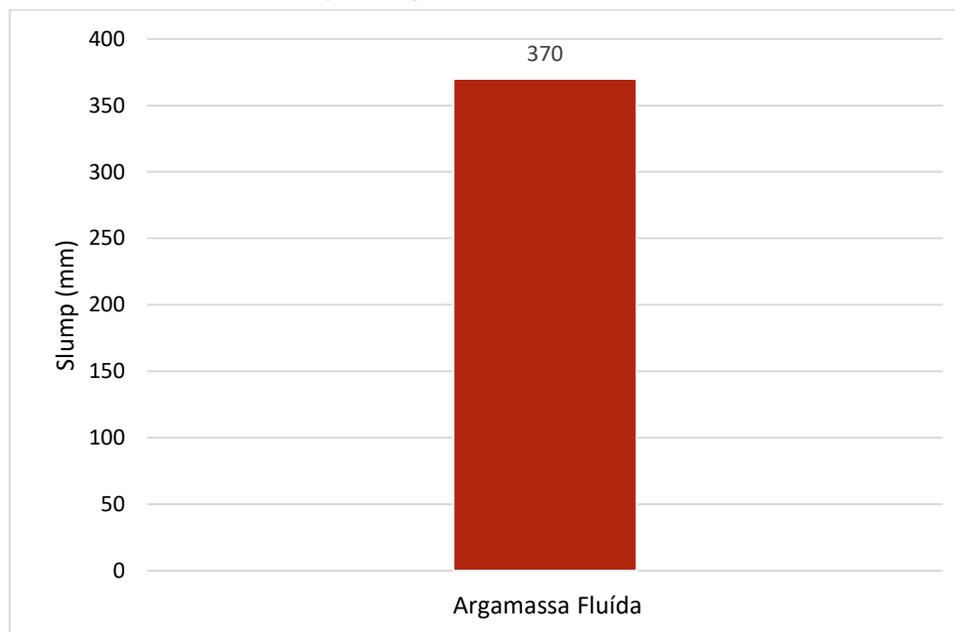
Por fim foi realizado o ensaio de luminosidade que pretende demonstrar a transmissão de luz através da argamassa com fibra óptica, na busca de uma avaliação quantitativa. As aferições luminotécnicas foram realizadas de acordo com a NBR 5461 (ABNT, 1991), por meio de aparelho adequado (luxímetro).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### TRABALHABILIDADE

Para determinação da trabalhabilidade da argamassa, foi seguido o procedimento descrito NBR NM 13276 - Trabalhabilidade, logo em seguida foi elaborado o Gráfico 01.

Gráfico 1: Consistência do traço de argamassa



Fonte: O próprio autor

Vários autores classificam as argamassas, segundo a consistência em três

tipos: secas é a pasta que preenche os vazios entre os grãos, as plásticas que a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos agregados, e as fluídas onde os grãos ficam imersos na pasta.

A consistência é diretamente determinada pelo conteúdo de água, sendo influenciada pelos seguintes fatores: relação água/aglomerante, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante (SILVA, 2008).

De acordo com Silva (2008), argamassas que possuem um índice de consistência superior a 360mm podem ser consideradas como fluídas. Conforme esperado ela obteve um amplo espalhamento da argamassa na mesa de consistência durante o ensaio.

Figura 1: Slump Argamassa



Fonte: O próprio autor

## RETENÇÃO DE ÁGUA

Para a determinação da retenção de água da argamassa no estado fresco foi seguido os procedimentos descritos na NBR NM 13277 (ABNT, 1995) - Retenção de água. Em seguida, foi elaborada a tabela abaixo.

Tabela 1: Retenção de água da argamassa

Amostra 01

Massa total de água acrescentada à mistura (g)	1171,89
Massa de argamassa (g)	5990,00
Fator água/argamassa fresca	0,163628595
Massa do conjunto de discos molhados de papel-filtro (g)	17,42
Massa do conjunto de discos secos (g)	7,88
Massa do molde com argamassa (g)	960,09
Massa do molde vazio (g)	96,01
Retenção de água (%)	93,25

Fonte: O próprio autor

#### DENSIDADE DA MASSA

Para a determinação da densidade da massa da argamassa no estado fresco foi seguido os procedimentos descritos na NBR NM 13278 (ABNT, 1995) - Densidade da massa. Em seguida, foi elaborada a tabela abaixo.

Tabela 2: Densidade da massa

	Amostra 01
Massa do recipiente, contendo a argamassa de ensaio (g)	1717,06
Massa do recipiente vazio (g)	887,64
Volume do recipiente (cm <sup>3</sup> )	405,18
Densidade da argamassa	2,05

Fonte: O próprio autor

#### CONFECÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Os protótipos tanto para a fibra óptica de vidro como para a fibra óptica de plástico, foram fabricados quatro pequenas placas de isopor no tamanho de 12x7x6

cm, em seguida foram cortadas às fibras ópticas em um tamanho um pouco menor da forma como ilustra a figura 10 para logo depois fazer a mescla de argamassa, onde em cada protótipo foi colocado três camadas de fibras ópticas em sequência com a argamassa.

Foram colocadas 4,59 gramas de fibra óptica de vidro e fibra óptica de plástico cada uma em seu protótipo. Depois do tempo de cura da argamassa com os blocos já desformados, eles foram cortados ao meio.

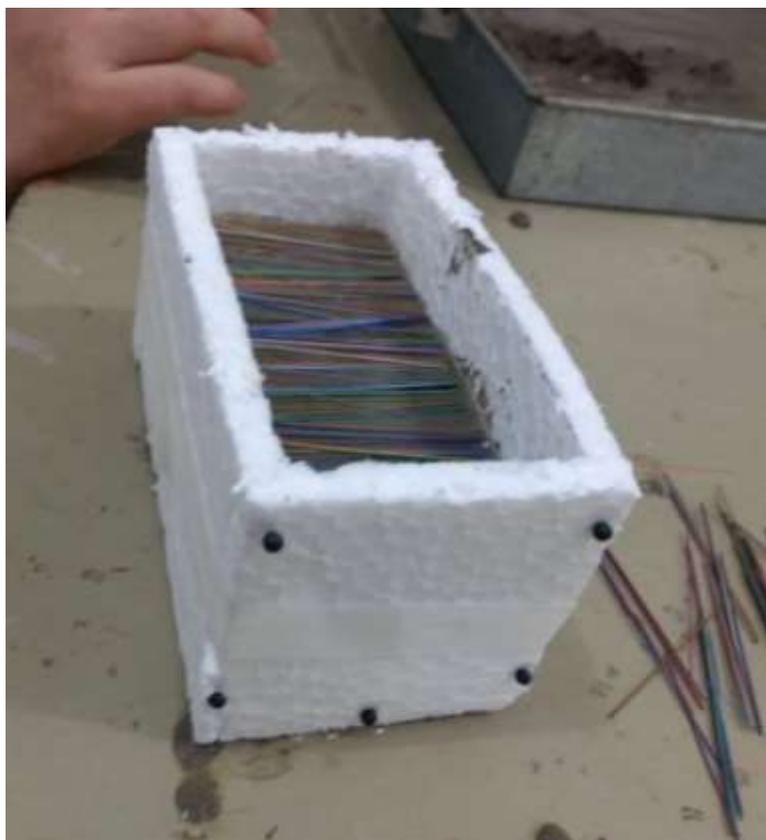


Figura 2: Molde de isopor com as fibras ópticas de vidro

Fonte: O próprio autor



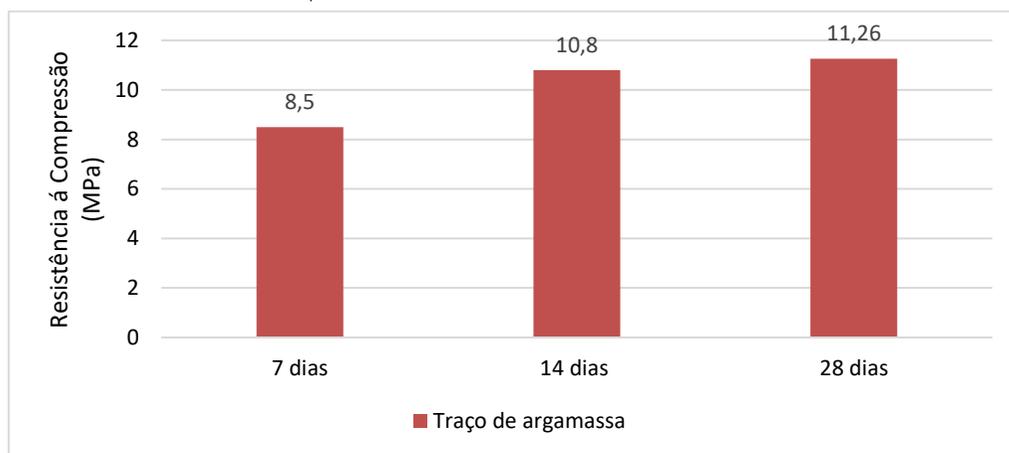
Figura 3: Fibras ópticas de vidro distribuídas no protótipo com a argamassa

Fonte: O próprio autor

## RESISTENCIA À COMPRESSÃO

Para a determinação da resistência à compressão da argamassa no estado endurecido, foi seguido o procedimento descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005): Resistência à tração na flexão e à compressão logo em seguida foi elaborado o Gráfico 02.

Gráfico 2: Resistência à compressão

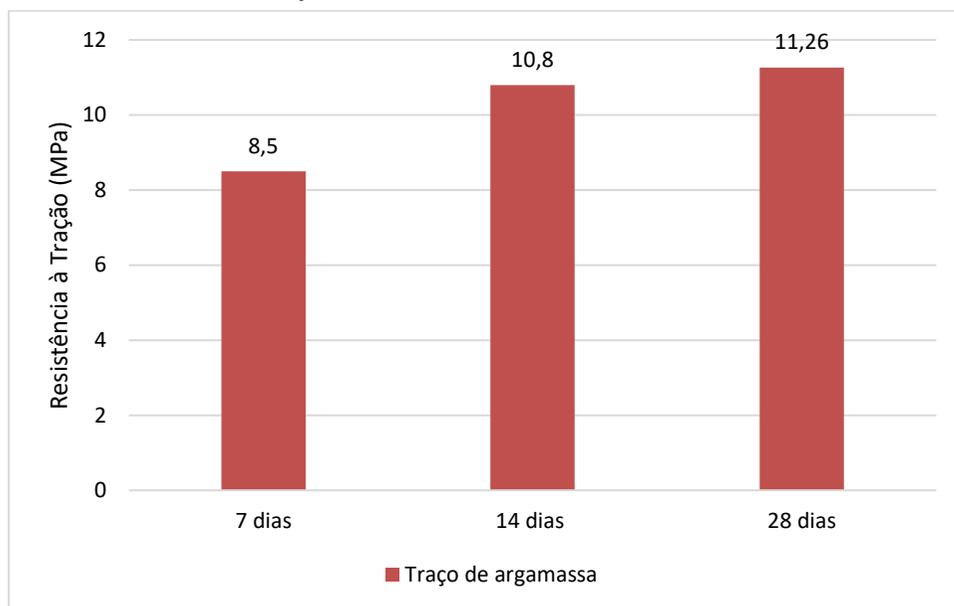


Fonte: O próprio autor

## RESISTENCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Para a determinação da resistência à tração na flexão da argamassa no estado endurecido, foi seguido o procedimento descrito na NBR 13279 (ABNT, 2005): Resistência à tração na flexão e à compressão, e logo em seguida foi elaborado o Gráfico 03.

Gráfico 3: Resistência à Tração



Fonte: O próprio autor

## ENSAIO DE LUMINOSIDADE

Para a determinação da luminosidade dos protótipos de argamassa no estado endurecido, foi seguido o procedimento descrito na NBR 5461 (ABNT, 1991), por meio de aparelho luxímetro, e logo em seguida foi elaborada a tabela 08.

Tabela 08 – Ensaio de luminosidade

PROTÓTIPOS	HORÁRIO	Transmissão de luz
Protótipo com fibras ópticas poliméricas	12h00min manhã	387 lux
Protótipo com fibra ópticas de vidro	12h00min manhã	75 lux
PROTÓTIPOS	HORÁRIO	Transmissão de luz
Protótipo com fibras ópticas poliméricas	16h00min tarde	339 lux
Protótipo com fibra ópticas de vidro	16h00min tarde	51 lux

## CONCLUSÃO

Nos dias de hoje cada vez mais a sociedade está se tornando mais consciente, buscando meios de preservar tudo a sua volta, e na construção civil não é diferente, diversas pesquisas são desenvolvidas para que venham se descobrir novas incorporações para assim criar novos materiais que sejam benéficos para a mesma.

Dentre estes materiais estudados entra o concreto que é o segundo produto mais utilizado pelo homem. Tendo isso como base, o concreto translúcido foi desenvolvido em 2001 na Hungria e chega com a proposta de iluminar ambientes, para assim, haver uma economia de energia, devido ao aproveitamento da luz do sol.

Atualmente no Brasil, esse produto não é comercializado, porém existem pesquisas em cima das suas vantagens. A principal vantagem do emprego das fibras ópticas na confecção do bloco de argamassa é a penetração de luz através do material.

---

A partir da adição das fibras nos compósitos cimentícios foram estudadas as influências da adição das fibras, a fim de, saber qual das duas fibras, a fibra óptica de vidro ou a fibra óptica polimérica, tem maior translucidez quando empregada ao bloco de argamassa.

Partindo disso, esse trabalho teve como objetivo, apresentar um estudo teórico do concreto translúcido e suas propriedades. Após o estudo laboratorial para descobrir qual das duas fibras era a melhor para ser empregada no bloco de argamassa quando o quesito é translucidez e se o bloco com a adição das fibras não alteraria suas propriedades. Esse estudo prático implicou na dosagem, na confecção de corpos de prova e na confecção dos blocos de argamassa adicionando-se a fibra óptica de vidro e a fibra óptica polimérica. Foram realizados ensaios para a determinação da trabalhabilidade, da massa específica e da resistência à compressão da argamassa, além do ensaio de luminosidade.

Logo, após o ensaio de luminosidade a quantidade de lux obtida no protótipo com as fibras ópticas poliméricas foi consideravelmente maior que o lux obtido no protótipo com adição de fibra óptica de vidro, sendo assim, chega-se ao final desta pesquisa, concluindo-se que a fibra óptica polimérica adicionada a argamassa tem maior translucidez do que a fibra óptica de vidro.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5461**: Lighting - Terminology. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de

---

massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

HENRIQUES, T. S. **Análise da influência da fibra óptica polimérica inserida em blocos de argamassa**. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Engenharia Civil. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Henriques (2013 apud TANESI, 1999),

RESTREPO, L.M.C. **Concreto Translúcido**: estudo experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na arquitetura. 2013. 178 f. Dissertação (Mestrado) – Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo. UnB, Universidade de Brasília, Brasília.

TUTIKIAN, B. F. **Concreto translúcido pode ir além da estética**. 2009. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/concreto-translucido-pode-ir-alem-da-estetica/> >. Acesso em: 10 mar. 2018.

ZTT. **Fibra óptica** – o processo de fabricação e os tipos de fibra. Disponível em: < [http://www.zttcable.com.br/fibra\\_optica/](http://www.zttcable.com.br/fibra_optica/) >. Acesso em: 20 mai. 2018.

# DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

## *DIMENSIONING OF IRRIGATION SYSTEMS BY DRIPPING*

Felipe Castelani<sup>1</sup>  
Romulo Nava Moreira<sup>2</sup>

### RESUMO

A redução de custos na produção agrícola vem sendo considerada um dos fatores mais importantes para que este ramo se torne viável e lucrativo, pois cada vez mais se busca maior produção em menor área cultivada. A irrigação é uma ferramenta considerada indispensável para produção de alimentos, e se não empregada de forma correta resulta em desperdícios dos recursos naturais disponíveis e consumo desnecessário de energia. Portanto faz-se de suma importância o dimensionamento correto, para tornar viável e mais eficiente. O sistema de irrigação por gotejamento apresenta uma série de vantagens à agricultura, a natureza e a humanidade, trazendo um uso mais consciente de água, reduzindo as aplicações de agrotóxicos resultando em um alimento mais saudável e mais barato.

**Palavras-Chave:** Irrigação, gotejamento, dimensionamento, redução de custos.

### ABSTRACT

The reduction of costs in agricultural production has been considered one of the most important factors for this branch to become viable and profitable, as more and more is sought in smaller cultivated area. Irrigation is a tool considered indispensable for food production, and if not used correctly results in waste of available natural resources and unnecessary consumption of energy. Therefore, the correct sizing is done to make it viable and more efficient. The drip irrigation system has a number of advantages to agriculture, nature and mankind, bringing a more conscious use of

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Mecânica, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: [felipecastelani@hotmail.com](mailto:felipecastelani@hotmail.com).

<sup>2</sup> Orientador. Graduado em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade do Contestado (UNC). Especialização em Automação Industrial pela Unidade de Ensino Superior Vale do Iguaçu (UNIGUAÇU), docente na Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP)

---

water, reducing the applications of pesticides resulting in a healthier and cheaper food.

**Keywords:** Irrigation, dripping, sizing, cost reduction.

## INTRODUÇÃO

O sistema de irrigação por gotejamento traz inúmeras vantagens significativas, tais como, menor uso de água, transporte de nutrientes, transporte de substâncias químicas, menor demanda de mão de obra, ações corretivas em curto prazo, aumento significativo da sustentabilidade da plantação, conseqüentemente uma maior produtividade resultando em lucros, entretanto essas vantagens tornam-se limitadas e de certa forma ineficazes se os processos de execução de montagem, e escolha correta dos componentes não atenderem as exigências admissíveis e adequadas para se elaborar um projeto com total eficiência e o melhor resultado.

Segundo Frizzone (2017) a agricultura irrigada aumenta nas mais diversas condições de meio físico, consentindo a uma grande abundância de culturas e de interesses sociais e econômicos, de forma que não é possível haver um exclusivo sistema de irrigação ideal, apropriado a atender do melhor caráter a todas as condições e fins envolvidos. Em decorrência, deve-se escolher o sistema de irrigação mais apropriado a cada condição em particular, analisando-se os interesses envolvidos.

Sabendo da importância da irrigação na agricultura e principalmente no agronegócio para uma produção adequada, logo este trabalho surgiu como propósito de melhorar o sistema de irrigação convencional com redução de custos e melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, sendo indispensável e de suma importância o uso da engenharia para chegar-se a um projeto com total funcionalidade, onde o uso de sistemas de irrigação por gotejamento pode ser considerada a melhor alternativa.

Para a escolha correta dos componentes, exige-se conhecimento no campo da hidráulica, tais como cálculos de vazão, pressão, perda de carga entre outros que serão indispensáveis para a elaboração deste projeto.

Dentro deste contexto surge o seguinte problema: Como produzir um sistema de irrigação artificial no agronegócio?

Devido tais motivos, o objetivo geral deste trabalho é dimensionar um sistema de irrigação por bombeamento e gotejamento para uma área referente a um hectare com a cultivar de tomate.

## MATERIAIS E CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Antes de iniciar o dimensionamento do sistema de irrigação definiu-se na utilização da tubulação principal de recalque e bomba disponíveis. Após a análise do terreno, foi desenvolvido um breve desenho do sistema de irrigação. O croqui possui como finalidade promover o entrosamento ao projeto, facilitando assim o entendimento proposto deste trabalho.

A área a ser irrigada possui dimensões de 100 x 100 m, assim totalizando 10000 m<sup>2</sup>. Também pode se visualizar as linhas com as fitas gotejadoras, sendo elas 62 linhas com comprimento de 100 m totalizando 6200 m linear de fita gotejadora. Também será utilizado tubulação de pvc de 3" desde a bomba e na linha de principal ligada por meio de um tê de 90° saída lateral. Na linha principal é necessário a utilização de 9 Tês de 3" com saída lateral de ¾, que será ligado um tubo de polietileno. As fitas gotejadoras serão conectadas neste tubo de ¾ através de conetores com rosca.

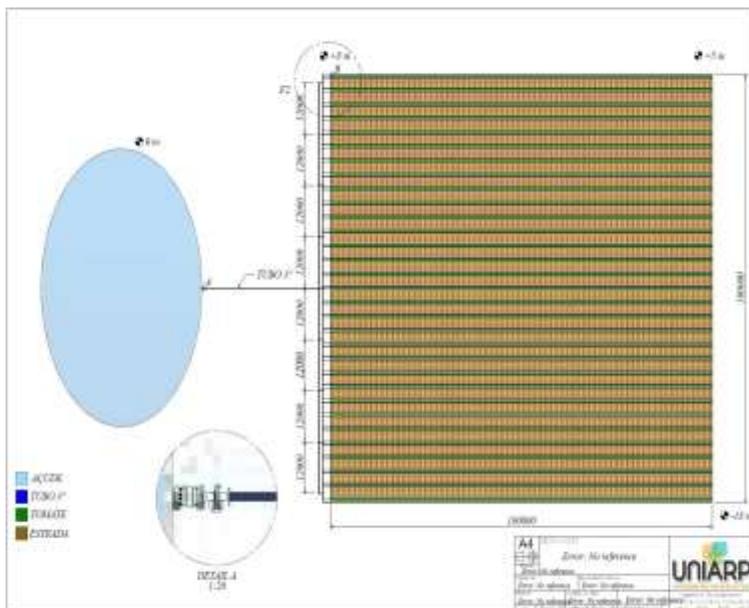


Figura 1 - Croqui preliminar do sistema de irrigação

Devido a facilidade de ser encontrada no mercado, fita gotejadora utilizada no dimensionamento é do modelo Amanco Drip 8 MIL, com espaçamento de 30 cm entre gotejadores conforme Anexo 2 e diâmetro de 16,1 mm, que opera com pressão de 1 BAR, conforme Anexo 1. A pressão em que a mesma opera é considerada baixa, o que torna viável para a prática do projeto com alta eficiência. Além de operar com baixa pressão, outro fator analisado é a vazão de 0,0016 m<sup>3</sup>/ ou 1,6 l/h por gotejador como mostra no Anexo 1.

Sabendo que cada fita gotejadora corresponde a 100 m, teremos em torno de 333,3 gotejadores com vazão de 0,533 m<sup>3</sup>/h por linha, portanto basta multiplicarmos pela quantidade de linhas que é 62 e teremos a vazão total da área irrigada, representando 33,03 m<sup>3</sup>/h.

## DIMENSIONAMENTO

Nesta etapa realizou-se o dimensionamento da tubulação utilizada. O tubo de sucção é de matéria plástica do tipo mangote com diâmetro de 4" com comprimento total de 4 m, a bomba está a uma altura de 1m do nível da água do reservatório.

A válvula utilizada é tipo de pé de fero fundido com diâmetro de 4 polegadas. A perda de carga dada na válvula de sucção da bomba é expressa por tabela.

A perda de carga na válvula é igual a 28,6 m equivalentes, conforme Anexo 3. Para calcular a perda de carga utiliza-se a Equação 7, onde o comprimento  $l = 4 \text{ m}$  soma-se com a perda de carga da válvula que é 28,6 m equivalentes e a gravidade,  $g = 10$ . Após o resultado soma-se o valor da altura da bomba em relação ao nível do reservatório. Calcula-se a perda de carga no ponto mais crítico do sistema, onde o desnível está em 8 m acima do nível da água do reservatório. Para calcular a perda de carga na tubulação de recalque, divide-se em etapas e tenta a última etapa calculada soma-se todas as perdas, inclusive a perda de carga na tubulação de sucção e a pressão de trabalho da fita gotejadora.

Na saída da bomba está localizada um registro de gaveta que possui perda de carga  $h_f=0,9 \text{ m}$  equivalentes, conforme Anexo 3. A tubulação possui comprimento  $l=30 \text{ m}$  até no Tê de saída bilateral e  $l=50 \text{ m}$  para cada lado do mesmo

---

com diâmetro 3" assim como o registro. Do Tê 90° de saída bilateral com diâmetro 3" até a primeira saída com diâmetro ¾". O Tê de saída bilateral possui perda de carga de 8 m equivalentes, conforme Anexo 4, o comprimento  $l=12$  m. Também neste ponto a vazão passa a ser  $Q = 14,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , pois a mesma está sendo dividida ao meio. Da primeira saída ¾" até a segunda, a vazão passa a ser  $Q=11,1 \text{ m}^3/\text{h}$ . Da segunda saída ¾" até a terceira a vazão passa a ser  $Q = 7,4 \text{ m}^3/\text{h}$ . Da terceira saída ¾" até a quarta a vazão passa a ser  $Q = 3,7 \text{ m}^3/\text{h}$ . Da quarta saída até a primeira fita gotejadora, a vazão será  $Q = 3,7 \text{ m}^3/\text{h}$ , e o diâmetro do tubo é ¾" ou 0,019 mm. Sabendo o fator de fricção e a velocidade da água no tubo  $V=3,6 \text{ m/s}$ , calcula-se a perda de carga através da Equação 7, onde soma-se a perda de carga do Tê de saída bilateral com diâmetro de ¾", 2,4 m equivalente, conforme Anexo 4 ao comprimento do tubo.

Após calcular as perdas de carga em todas as etapas, soma-se com o desnível, este sendo 8 m e a pressão de trabalho de trabalho da fita gotejadora sendo de 1Bar, equivalente a 10 mca. A soma de todas as perdas de carga na tubulação de recalque totaliza  $h_f=5,23$  mca. A perda de carga no tubo de sucção apresenta um total de  $h_f=1,37$  mca. O total de perda de carga no sistema para o ponto mais crítico é  $h_f=24,6$  mca. Portanto o ponto de trabalho final será de  $33,03 \text{ m}^3/\text{h} @ 24,6$  mca.

Logo obtido todas as perdas de carga faz-se a análise da bomba. Etapa em verifica-se se a bomba disponível na propriedade atende aos requisitos do sistema. De acordo com o Anexo 5, a bomba atende ao trabalho requerido pelo sistema.

Foi realizado o orçamento em uma loja especializada, dos componentes necessário para a montagem do sistema de irrigação, conforme Anexo 6, totalizando R\$ 3.217,85. O valor de mercado da bomba Triglau BTI 2, utilizado neste dimensionamento é em torno de R\$ 2.000,00. O custo total para a montagem do sistema irrigação por gotejamento foi de R\$ 5.217,85.

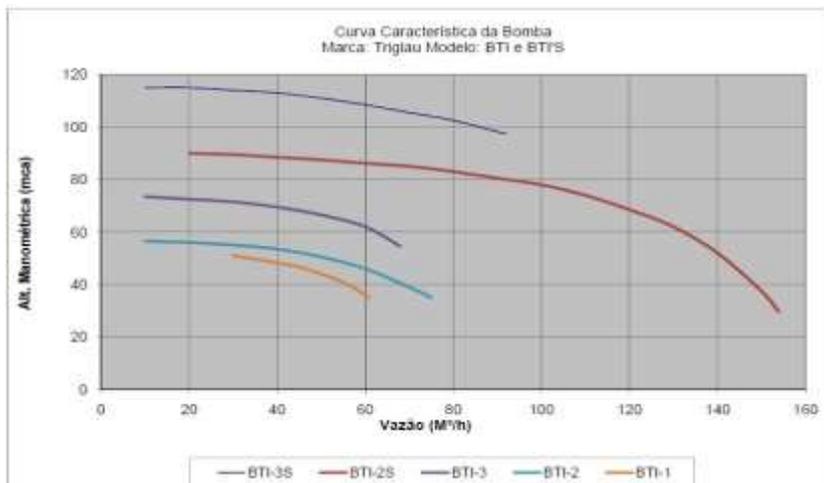


Figura 2 – Curva de Característica da Bomba

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de irrigação dimensionado teve por finalidade comprovar que é possível obter uma irrigação de baixo custo com excelente funcionalidade, tendo como princípio a importância da irrigação na agricultura. No sistema dimensionado optou-se na utilização dos principais equipamentos necessários, sendo a bomba centrífuga e tubulação principal de recalque, já disponíveis na propriedade a fins de menores gastos e redução de custos. O sistema tem como característica a disponibilidade de água apenas no sistema radicular da planta na medida correta, tendo como resultado um sistema de baixa vazão.

Inicialmente foi elaborada uma análise do terreno a ser irrigado, para definir sua dimensão, sendo de 10000 m<sup>2</sup> referente a um hectare, e os possíveis desníveis, onde se constatou o ponto mais crítico do sistema, com 8 metros acima do nível do lago a ser captado a água, sendo que foi elaborado os cálculos com base neste ponto.

O primeiro ponto calculado a perda de carga foi no tubo e sucção da bomba, ou mangote, onde se obteve a perda de carga de 1,37 metros de coluna de d'água, já somada com a perda de carga equivalente da válvula de sucção localizada na ponta do mangote, obtida através de tabela de perda de carga de acessórios.

O segundo ponto é da saída da bomba até o Tê de saída bilateral, localizado na tubulação lateral. A perda de carga obtida foi de 1,5 metros de coluna d'água.

---

Neste ponto somou-se a perda de carga equivalente do registro de gaveta, localizado na saída da bomba, o valor foi obtido na tabela de perda de carga em acessórios.

A terceira etapa calculada foi do Tê de saída bilateral até a primeira saída com diâmetro de 3/4", seguindo o sentido mais alto da lavoura. O comprimento da tubulação neste e nos próximos passos é 12 metros, o qual será somado com a perda equivalente de cada acessório localizado dentro dessa distância. Neste ponto foi utilizado apenas a metade da vazão total do sistema. A perda de carga obtida neste ponto foi de 0,21 metros de coluna d'água. Foi necessário somar a perda de carga equivalente do Tê de 90° com saída bilateral, cuja foi obtida através da tabela de perda de carga de acessórios de pvc.

Foi utilizado como princípio para os cálculos a vazão. A vazão passa a diminuir de acordo com que se efetuam os pontos dimensionados, pois parte desta vazão passa a ser consumida pelas saídas anteriores que já foram calculadas. A quarta etapa calculada foi da primeira saída de diâmetro 3/4" até a segunda, onde a vazão foi de 11,1 m<sup>3</sup>/h. A perda de carga neste ponto foi de 0,089 metros de coluna d'água. Para a obtenção deste resultado foi somada a perda de carga e metros equivalentes do Tê de passagem direta, obtido na tabela de perdas de carga em acessórios.

A quinta etapa calculada foi da segunda saída até a terceira saída de 3/4". Neste ponto a perda de carga obtida foi de 0,04 metros de coluna d'água. Neste ponto foi somado a perda de carga do Tê, disponível na tabela de perda de carga em acessórios de pvc.

A sexta etapa calculada foi terceira saída até a quarta saída de 3/4". Com a vazão bastante reduzida, sendo de apenas 3,7 m<sup>3</sup>/h, que é a vazão de cada uma das nove saídas para a tubulação de 3/4", a perda de carga também foi menor, sendo esta de 0,013 metros de coluna d'água. Nesta etapa também foi utilizada a perda de carga localizada equivalente do Tê de passagem direta, localizado dentro deste ponto.

A última etapa calculada foi da quarta e última saída 3/4" até a primeira fita gotejadora. Neste ponto a perda de carga obtida foi de 4,75 metros de coluna d'água. Neste ponto a perda de carga foi maior que nos demais, isto devido ao fato da tubulação diminuir seu diâmetro. Neste ponto o comprimento do tubo foi de apenas 2,1 metros com diâmetro de 3/4", que foi somado a perda de carga

---

equivalente do Tê de saída bilateral obtida em tabela. Após todos os cálculos realizados efetuou-se a soma de todas as perdas de carga, incluindo a altura do ponto mais crítico e a pressão de trabalho da fita gotejadora, totalizando 24,6 metros de coluna d'água. Com o total de perda de carga juntamente com a curva de característica da bomba, foi possível verificar que a bomba escolhida atende ao trabalho requerido pelo sistema de irrigação, sendo este de 33,03 m<sup>3</sup>/h @ (entre) 24,6 mca.

O custo dos componentes, como tubos, fita gotejadora, bomba e acessórios necessários para a execução do sistema foi de R\$ 5.217,85, valor este considerado baixo.

## CONCLUSÕES

Este trabalho de conclusão de curso foi elaborado com o propósito de dimensionar um sistema de irrigação por gotejamento para a cultura do tomate e apresentar os custos envolvidos na instalação.

Como de início se deu a realização de uma breve introdução ao trabalho, cuja foi abordado o tema da pesquisa e apresentando o problema, posteriormente sua justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos. Posteriormente levantou-se o referencial teórico a respeito dos sistemas de irrigação disponíveis e mais utilizadas na atualidade e do proposto pela pesquisa, coletas de dados necessários para elaboração da metodologia e levantamento de custos.

Nesta etapa foi desenvolvida uma pesquisa técnica e informacional para se obter as informações necessárias, a fim de determinar quais os materiais melhores se adequarão ao sistema de irrigação por gotejamento e definir os métodos de dimensionamento a ser utilizado.

Após feito a análise informacional, optou-se na utilização de alguns materiais e equipamentos já disponíveis na propriedade, a fins de redução de custos e baratear a instalação, onde estes seriam a bomba e a tubulação principal de recalque. Também se definiu que seria utilizada a fita gotejada da marca Amanco, devido à facilidade de ser encontrada no mercado.

No dimensionamento definiu-se que a melhor maneira, seria calcular o caminho que a água percorreria até alcançar o ponto mais crítico da área a ser

---

irrigada, cuja esta encontra em maior altura manométrica em relação aos demais pontos, já tendo como base para realização dos cálculos a pressão de trabalho e vazão total do sistema, obtidos em catálogo da fita gotejadora.

Com o dimensionamento realizado foi possível constatar que a bomba disponível na propriedade atende ao trabalho solicitado pelo sistema de irrigação proposto, tendo em vista a extrema eficiência e redução de custos obtidos pelo sistema de irrigação por gotejamento.

## REFERÊNCIAS

FRIZZONE, José Antônio. **OS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO**. ESALQ/USP. 2017. Disponível em:  
<[http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzone/LEB\\_1571/TEXT\\_O\\_COMPLEMENTAR\\_1\\_\\_METODOS\\_DE\\_IRRIGACAO.pdf](http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXT_O_COMPLEMENTAR_1__METODOS_DE_IRRIGACAO.pdf)> Acesso em: 17 ago. 2017>.

# PROJETO ESTRUTURAL DE UMA CERVEJARIA COM A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE

## EBERICK

### *STRUCTURAL DESIGN OF A BEERHOUSE WITH THE USE OF THE EBERICK SOFTWARE*

Hanánias Alves dos Santos<sup>1</sup>

Gilsinei da silva<sup>2</sup>

## RESUMO

O concreto armado é uma das principais técnicas utilizadas na atualidade, sendo assim, é de fundamental importância para o engenheiro saber como dimensionar e detalhar corretamente todos os elementos de uma estrutura. Portanto, este trabalho irá mostrar a maneira correta, de como dimensionar e detalhar com segurança uma estrutura em concreto armado, utilizando a ancoragem do software Eberick da empresa AltoQi. Para isto foi realizado uma ampla pesquisa bibliográfica, para ter um conhecimento avançado de qual a melhor maneira de fazer o dimensionamento da estrutura. Com o conhecimento adquirido foi feito lançamento da estrutura no software, detalhando também o passo a passo de todas as etapas até o processamento da estrutura, posteriormente foi feita a análise de todos os resultados fornecidos juntamente com o melhor arranjo de aço para atender as necessidades de cada elemento estrutural, onde também foi passado o resumo de todos os materiais utilizados.

**Palavras-Chave:** Concreto Armado. Engenheiro. Estrutura. Resultado. Resumo.

## ABSTRACT

Reinforced concrete is one of the main techniques used today, so it is of fundamental importance for the engineer to know how to correctly dimension and detail all the elements of a structure. Therefore, this work will show the correct way, how to safely dimension and detail a reinforced concrete structure, using the anchorage of

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: [hananiassantos@hotmail.com](mailto:hananiassantos@hotmail.com).

<sup>2</sup> Professor Orientador. Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade Federal de Santa Catarina, Especialista em Administração, Gestão Pública e Políticas sociais pela Faculdade Dom Bosco e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

AltoQi's Eberick software. For this, an extensive bibliographical research was done, to have an advanced knowledge of the best way to do the structure sizing. With the knowledge acquired, the structure was introduced in the software, detailing also the step-by-step of all the stages until the processing of the structure, afterwards the analysis of all the results provided along with the best steel arrangement to meet the needs of each structural element, where the summary of all materials used was also passed.

**Keywords:** Armed Concrete. Engineer. Structure. Result. Abstract.

## INTRODUÇÃO

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso, é fazer o dimensionamento da estrutura de uma cervejaria em concreto armado, utilizando o software de cálculo Eberick da empresa AltoQI.

Já os objetivos específicos são:

- Realização de pesquisa bibliográfica em livros e artigos, para assim aprofundar o conhecimento em concreto armado;
- Fazer o dimensionamento da estrutura utilizando o software Eberick;
- Analisar todos os resultados fornecidos pelo software;
- Fazer a apresentação do dimensionamento dos pilares, vigas e lajes do projeto.

Sendo assim, respondendo o problema de como dimensionar uma estrutura em concreto armado, fazendo o cálculo de todos os seus elementos estruturais utilizando o software Eberick com segurança?

## DESENVOLVIMENTO

Para fazer o dimensionamento de uma estrutura primeiramente deve-se saber onde alocar todos os elementos que compõe uma estrutura. Sendo assim, tudo tem seu início no projeto arquitetônico, pois, é por meio dele que será feita a análise preliminar da estrutura, onde podemos começar a definir a melhor localização e posição dos elementos estruturais, tais como, vigas, pilares e lajes, para assim fazer o lançamento da estrutura.

Outro ponto que deve se ter conhecimento para a realização do

---

dimensionamento de qualquer estrutura é o concreto, que segundo Leonhardt e Mönning (2008, p. 3), “[...] é um aglomerado constituído de agregados e cimento como aglutinante, é portanto uma rocha artificial. A fabricação do concreto é feita pela mistura dos agregados (areia e cascalho) com cimento e água [...]”.

Sabendo que o concreto tem uma ótima resistência a compressão e muito pouca resistência a tração, para que seja aumentada essa resistência é necessário que sejam colocadas barras de aço no interior do concreto, formando assim, o concreto armado.

Também é de suma importância saber todos os elementos que compõe uma estrutura, tais como:

- Lajes: São elementos na horizontal, pisos ou tetos de um edifício ou casa;
- Vigas: Tem como função absorver as cargas das lajes e das paredes;
- Pilares: Sua principal função é absorver as cargas geradas pelas vigas e transmitir para a fundação;
- Fundação: Tem a função de absorver a carga de toda a estrutura e transmitir para o solo.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada neste trabalho foi a pesquisa bibliográfica em livros, artigos e outros TCCs referentes ao assunto, além de vídeos e pesquisas na internet para se aprofundar melhor ao tema, buscando assim todo conhecimento necessário para o dimensionamento de uma cervejaria em concreto armado, seguindo todas as exigências na NBR 6118 (ABNT, 2014), para que haja uma correta segurança em toda a estrutura.

## **ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO**

O projeto a ser dimensionado e detalhado é de uma cervejaria industrial, projetada pelo arquiteto Marcelo Wandscheer, e será implantada na Estrada Cristóvão Machado de Campos 274 em Vargem Grande- Florianópolis/SC. Sendo assim, a cervejaria contará com 3 pavimentos, sendo eles: subsolo, térreo e superior, somando juntos, um total de 1079,69 m<sup>2</sup> de área construída.

---

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Para iniciar o pré-dimensionamento dos elementos estruturais, serão verificados os dados fornecidos pelo arquiteto responsável pela elaboração projeto arquitetônico, sendo assim alguns elementos estruturais já contém uma seção pré-definida, como por exemplo, os pilares contendo seção  $b= 30$  cm e  $h= 30$  cm, já as vigas possuíam seções  $b_w= 20$ cm e  $h= 40$  cm. Contudo, ao longo do dimensionamento, sabe-se que poderão haver algumas modificações, sendo preciso redimensionar alguns elementos estruturais

No dimensionamento das lajes, serão utilizadas lajes maciças em todos os pavimentos, já na fundação serão utilizadas sapatas.

As configurações do software foram adequadas para atender as necessidades deste projeto, sendo que todo processo será baseado nas normas da NBR 6118 (ABNT, 2014).

### CONFIGURAÇÕES DO SOFTWARE DA ALTOQI – EBERICK

As configurações do software foram adequadas para atender as necessidades deste projeto, sendo que todo processo será baseado nas normas da NBR 6118 (ABNT, 2014).

### CONFIGURAÇÃO ANÁLISE

As configurações de análises fornecidas pelo software nesta etapa foram mantidas, aumentado apenas a redução na torção dos pilares para 90%.

### CONFIGURAÇÃO DETALHAMENTO

Nesta etapa foi configurada somente as abas de Pilares, Vigas, Lajes e Sapatas, sendo as outras abas desconsideradas neste dimensionamento.

### CONFIGURAÇÃO DETALHAMENTO PILARES

Nesta configuração foi apenas modificado a escala, para um melhor aproveitamento e alocação dos elementos nas pranchas.

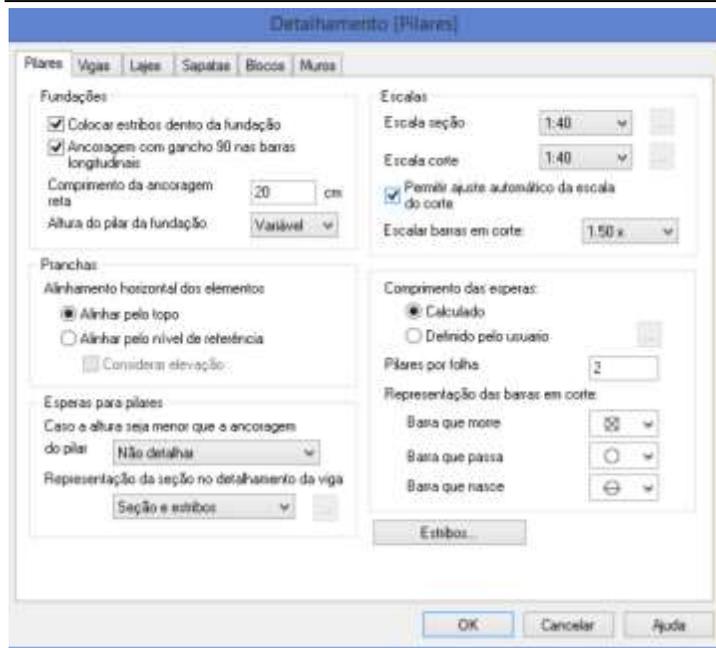


Figura 1 - Configuração detalhamento pilares

Fonte: O próprio autor

## CONFIGURAÇÃO DETALHAMENTO VIGAS

Nesta configuração foram mantidos os dados fornecidos pelo software, portanto não houve nenhuma modificação.

## CONFIGURAÇÃO DETALHAMENTO LAJES

Nesta etapa foram mantidas todas as configurações fornecidas pelo software, ou seja, não houve nenhuma modificação.

## CONFIGURAÇÃO DETALHAMENTO LAJES ESCADAS

A presente etapa não houve nenhuma modificação permanecendo os mesmos parâmetros fornecidos pelo software.

## CONFIGURAÇÃO DETALHAMENTO SAPATAS

Nesta etapa, foram modificadas apenas as escalas, passando de 1:25 para 1:50, como pode ser visualizado na figura a seguir.

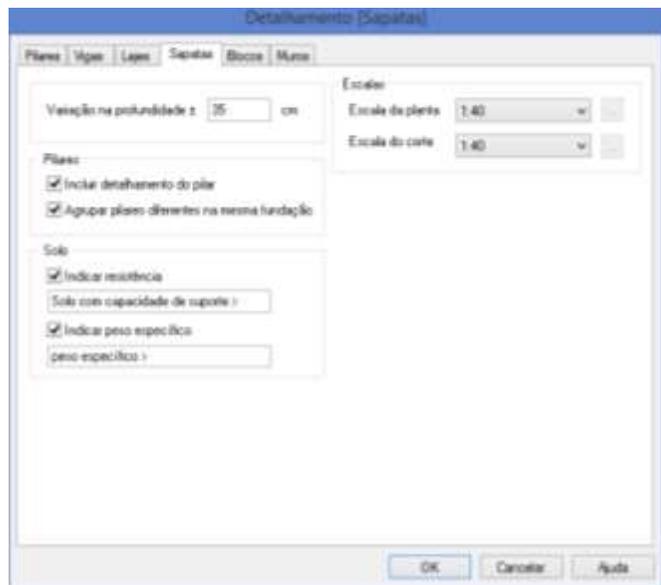


Figura 2 - Configuração detalhamento sapatas

Fonte: O próprio autor

## CONFIGURAÇÃO DIMENSIONAMENTO

Para a configuração de dimensionamentos as únicas abas que serão modificadas são: Pilares, Vigas, Lajes e Sapatas, sendo que as demais abas não serão utilizadas para a realização deste trabalho.

### DIMENSIONAMENTO PILARES

A única modificação existente nesta etapa foi a habilitação do item “ permitir carga negativa”.

### DIMENSIONAMENTO VIGAS

Nesta configuração de dimensionamento, a única modificação ficou por conta do diâmetro mínimo da armadura de compressão que passou para 8 mm.

### DIMENSIONAMENTO LAJES

Nesta configuração não foram efetuadas modificações, permanecendo os

valores fornecidos pelo software.

## DIMENSIONAMENTO SAPATAS

Para esta etapa foi considerado o tipo de solo arenoso, permanecendo os demais valores fornecidos pelo software conforme a figura a seguir.

Figura 3 - Configuração dimensionamento sapatas

Fonte: O próprio autor

## CONFIGURAÇÃO DE MATERIAIS E DURABILIDADE

Para a configuração de materiais e durabilidade, foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Classe de agressividade: III (Forte);
- Dimensão do agregado: 19 mm;
- Resistência do concreto: 30 Mpa;
- Peso específico do concreto: 2500 kg/m<sup>3</sup>;
- Cobrimento de peças internas: 4 cm;
- Cobrimento de peças externas: 4 cm;
- Umidade relativa do ar: 70%;
- Início do carregamento: 28 dias;
- Vida útil prevista: 50 anos;

- 
- Abertura máxima de fissuras em contato com o solo: 0,2 mm;
  - Abertura máxima de fissuras em contato com a água: 0,1 mm;
  - Abertura máxima de fissuras das demais peças: 0,3 mm.

## CONFIGURAÇÃO SISTEMA

Na configuração sistema que abrange todas as unidades de medida não foram feitas alterações, permanecendo assim as configurações fornecidas pelo software.

## LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

Todo o lançamento da estrutura será feito de acordo com a normatização e conforme dados dos elementos fornecidos no projeto, para que se tenha uma perfeita integração entre o projeto e seus elementos estruturais, os elementos estruturais a serem lançados neste projeto são: pilares, vigas, lajes e a fundação.

## LANÇAMENTO DOS PAVIMENTOS

A primeira etapa do lançamento da estrutura foi a criação dos pavimentos, juntamente com a altura e os níveis de cada pavimento, entretanto para a primeira altura que seria a altura da fundação foi utilizado 150 cm, como pode ser observado na imagem a seguir.

**Pavimentos**

	Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)	Lance
1	teto caixa	370.00	1435.00	6
2	barrilete	100.00	1065.00	5
3	Cobertura	370.00	965.00	4
4	Superior	315.00	595.00	3
5	Terreo	280.00	280.00	2
6	Subsolo	150.00	0.00	1
7				

Inserir acima  
 Inserir abaixo  
 Excluir  
 Para cima  
 Para baixo  
 Fechar  
 Ajuda

Título 
 Nível inferior  cm  
 Lance inicial

Figura 4 - Lançamento dos pavimentos

Fonte: O próprio autor

## LANÇAMENTO DOS PILARES

O primeiro elemento estrutural a ser lançado no software são os pilares, que possui sua medida pré-definida de  $b = 30$  cm e  $h = 30$  cm, conforme definido pelo projetista, podendo sofrer algum tipo de alteração durante a execução do dimensionamento.

## LANÇAMENTO DAS VIGAS

O segundo elemento a ser lançado serão as vigas, que também possuem uma medida pré-definida, sendo as da base,  $b_w = 20$  cm para pavimento subsolo e  $b_w = 17$  cm para os demais pavimentos, já sua altura varia entre  $h = 50$  cm para subsolo e  $h = 40$  cm para os demais pavimentos.

As vigas que possuírem apoios em outras vigas serão todas rotuladas, para assim evitar ao máximo o momento torsor na estrutura

## LANÇAMENTO DAS LAJES

O terceiro elemento a ser lançado serão as lajes, que inicialmente todas irão ser maciças, já quanto a espessura poderá variar de 12 cm até 17 cm, conforme a

---

necessidade do projeto. A carga accidental irá ser  $150 \text{ kgf/m}^2$  e em áreas específicas podendo chegar até  $1000 \text{ kgf/m}^2$ , entretanto, sua carga de revestimento será fixada em  $100 \text{ kgf/m}^2$ .

## LANÇAMENTO DOS PAVIMENTOS

### LANÇAMENTO DA FUNDAÇÃO

O ultimo elemento a ser feito o lançamento será a fundação, que irá ser do tipo sapata e irá conter uma profundidade de 150 cm.

### LANÇAMENTO DO PAVIMENTO SUBSOLO

No pavimento subsolo foram lançados os pilares, onde todos foram convertidos para fundação, as vigas e as lajes.

### LANÇAMENTO DO PAVIMENTO TÉRREO

Foi lançado no pavimento térreo os pilares, onde foram convertidos para fundação somente aqueles que não tinham continuidade com o pavimento fundação, também foram lançados as vigas, as lajes e a escada.

### LANÇAMENTO DO PAVIMENTO SUPERIOR

No pavimento superior foram lançados os pilares, as vigas, as lajes e a escada.

### LANÇAMENTO DO PAVIMENTO COBERTURA

Os elementos lançados neste pavimento foram apenas os pilares que possuem continuação com a caixa d'água, as vigas para suportar a cobertura e apenas duas lajes, sendo uma delas utilizada como cobertura.

### LANÇAMENTO DO PAVIMENTO BARRILETE

Neste pavimento foi continuado os pilares, adicionado as vigas e as lajes que suportarão as caixas d'água.

---

## LANÇAMENTO DO PAVIMENTO TETO DA CAIXA D'ÁGUA

O lançamento neste pavimento foi apenas o das vigas e das duas lajes que servirão de cobertura.

## PÓRTICO ESPACIAL

Por meio deste recurso oferecido pelo software, podemos visualizar o agrupamento de todos os elementos estruturais, fazendo com que nenhum detalhe passe despercebido.

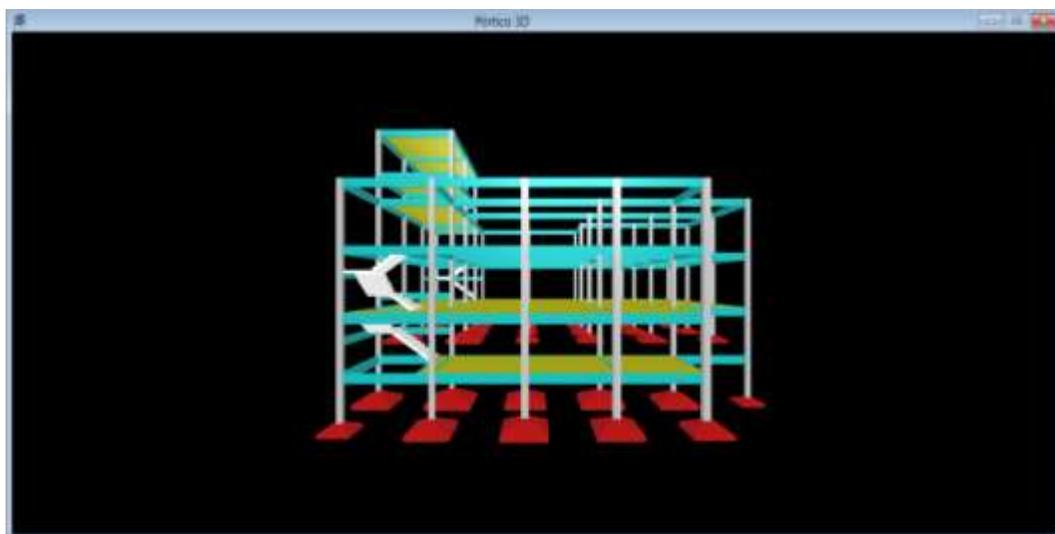


Figura 5 - Pórtico espacial vista frontal

Fonte: O próprio autor

## PROCESSAMENTO DA ESTRUTURA

Após o lançamento da estrutura feito e verificado o pórtico 3D para ver se todos os elementos da estrutura estão agrupados corretamente, foi feito o processamento de toda a estrutura e conferido se tudo estava de acordo com o projeto.

Por meio dos resultados oferecidos, podemos verificar se todos os componentes foram dimensionados corretamente ou se houve algum erro durante o lançamento ou no processamento da estrutura, como pode ser visto na figura 8.

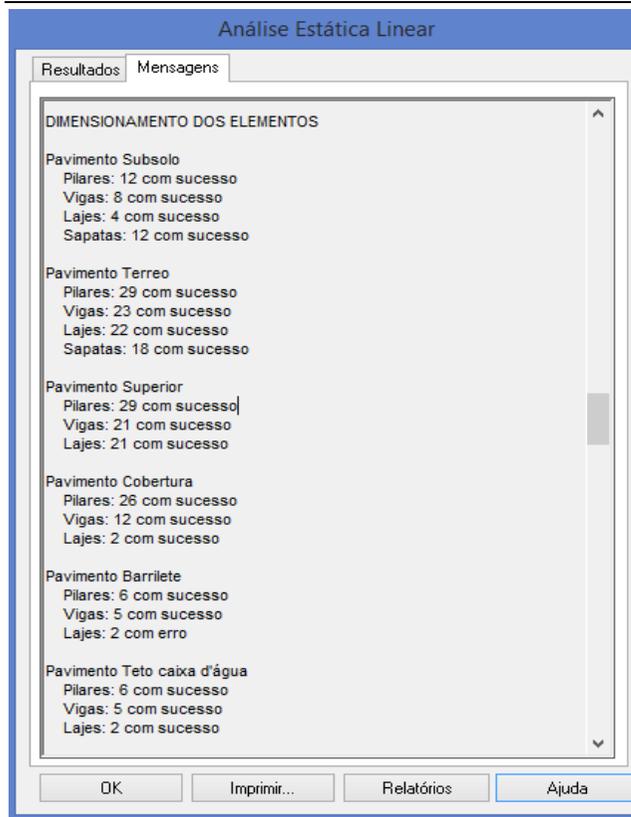


Figura 6 - Resultado do dimensionamento dos elementos na análise estática linear

Fonte: O próprio autor

## DIMENSIONAMENTO AO ESTADO LIMITE ÚLTIMO (ELU)

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), o estado limite último está relacionado diretamente ao colapso de uma estrutura ou qualquer outra forma de ruína, que possa fazer com que haja a paralisação da estrutura.

No entanto, podemos visualizar o pórtico deformado da estrutura ao ELU que é fornecido pelo software disponível na figura 61, para verificar esse estado, onde quando mais verde menor é o deslocamento da estrutura e quanto mais se aproxima do vermelho maior é o deslocamento do elemento estrutural.

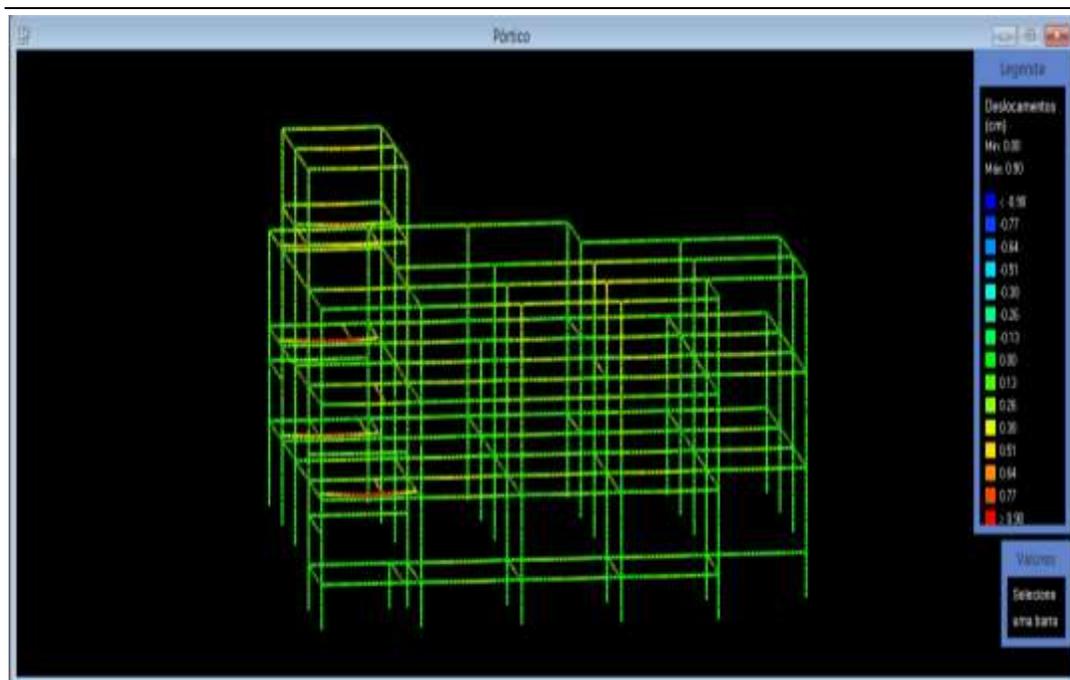


Figura 7 – Pórtico de deslocamento da estrutura ao (ELU)

Fonte: O próprio autor

## ESTABILIDADE ESTRUTURAL

A estabilidade estrutural pode ser verificada por meio do coeficiente Gama-Z, que tem seu limite máximo de 1,10 para a direção X e para 1,10 para a direção Y, sendo assim, em nosso projeto obtivemos os seguintes resultados: 1,03 para a direção e 1,04 para direção Y, como gama-z ficou abaixo de 1,10, teoricamente não precisaríamos levar em consideração os efeitos de segunda ordem pois se trata de uma estrutura de nós fixos, se fosse uma estrutura de nós moveis, gama z acima de 1,10, precisaríamos levar em consideração, traduzindo isso para o eberick, nas configurações de análise, poderíamos trabalhar com o P-Delta desligado. Para ficarmos a favor da segurança, mesmo com Gama-Z abaixo de 1,10, deixamos a configuração de P-Delta ligado, levando em considerações os efeitos de segunda ordem. Análise do Gama-Z na figura a seguir.

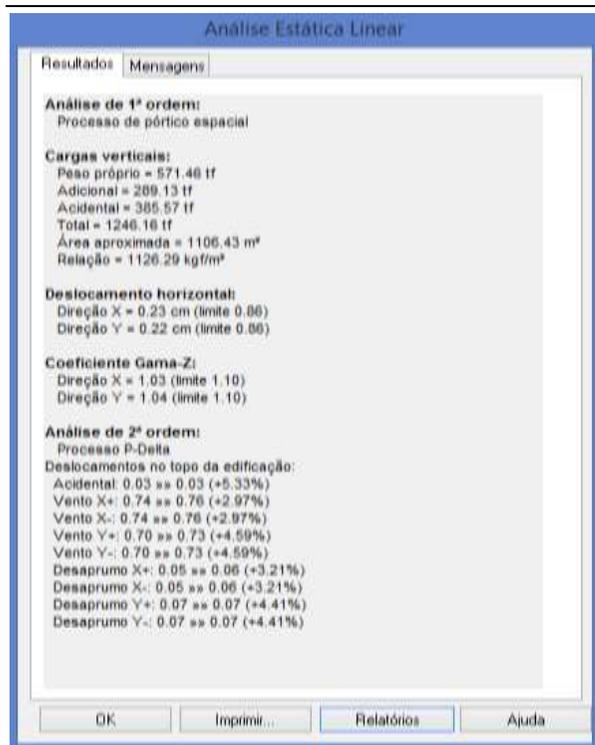


Figura 8 - Estabilidade estrutural

Fonte: O próprio autor

## DIMENSIONAMENTO AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO (ELS)

O estado de limite de serviço nada mais é do que a relação entre o conforto dos usuários e sua segurança, além de contar com uma boa durabilidade, a estrutura tem que ter uma aparência boa e sua utilização tem que atender as necessidades a qual foi destinada.

Sendo assim, fica uma ressalva que nesta etapa, fazemos apenas as verificações quanto ao estado limite de serviço, como as flechas, por exemplo. Nesta etapa não costuma-se alterar muito os dimensionamentos, apenas se tivermos problemas de flechas e deformações excessivas.

## PROBLEMAS ENFRENTADOS AO DECORRER DO TRABALHO

Durante a realização do deste trabalho de conclusão de curso, foram enfrentados diversos problemas, sendo todos diagnosticados após o processamento da estrutura, como pode ser observado na imagem 64. Diante desses problemas

apresentados, foi buscado a melhor maneira de soluçona-los.

Como o software possui uma ferramenta de diagnóstico de erros, ele mesmo nos fornece o número do erro para facilitar a visualização do problema apresentado, da mesma maneira se ele te fornece os dados dos erros e uma solução alternativa para que esse erro seja sanado.

Já na escolha da melhor maneira de solucionar o erro fica a critério de quem está manuseando o software, pois é ele quem irá analisar se houve ou não alguma modificação quanto significativa no agrupamento os elementos, ou até mesmo na parte da estética da estrutura, não comprometendo a ideia inicial do projetista.

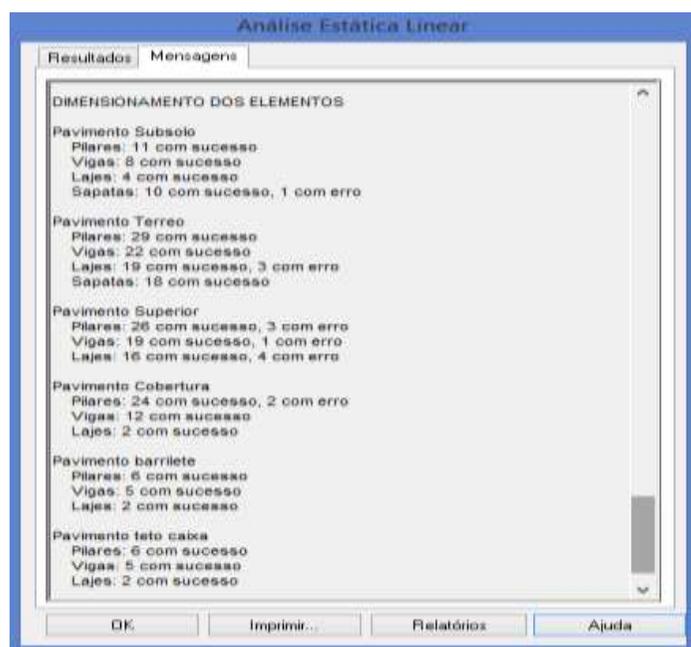


Figura 9 - Problemas apresentado após o processamento da estrutura

Fonte: O próprio autor

## RESUMO DE MATERIAIS

O resumo de materiais fornecidos pelo software são:

- Resumo do CA50 e CA60 de todas as bitolas, fornecidos em kg;
- Resumo do volume do concreto em fornecido em m<sup>3</sup>;
- Resumo da área de formas fornecido em m<sup>3</sup>;
- Consumo de aço fornecido kgf/m.



Aço	Diâmetro	Peso + 10 % (kg)					Total
		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	
CA50	6.3	4.2		984.9	85.9		1075.1
CA50	8.0	89.6		1945.1	148.6	15.4	2198.7
CA50	10.0	939.2		3570.7	76.9	56.8	4643.6
CA50	12.5	1630.4	893.3	1510.6		761.4	4795.7
CA50	16.0	2132.2	2152.6			464.5	4749.3
CA50	20.0	488.1				2956.5	3444.6
CA60	5.0	762.3	533.3	67.1	0.4		1363.1

		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
Peso total + 10% (kg)	CA50	5283.7	3046.0	8011.4	311.4	4254.5	20907.0
	CA60	762.3	533.3	67.1	0.4		1363.1
	Total	6046.0	3579.3	8078.5	311.8	4254.5	22270.1
Volume concreto (m³)	C-30	64.0	30.1	127.2	8.0	56.0	285.3
Área de forma (m²)		860.0	381.7	998.0	69.0	58.9	2367.6
Consumo de aço (kgf/m²)		94.5	118.9	63.5	38.8	76.0	78.1

Figura 10 - Resumo dos materiais

Fonte: O próprio autor

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho, possibilitou verificar quais são os níveis de conhecimentos necessários para um melhor detalhamento e dimensionamento de uma cervejaria em concreto armado, utilizando assim, a ferramenta de cálculo Eberick, da empresa AltoQi. Entretanto, mesmo com a utilização de um software para o cálculo de toda a estrutura, percebeu-se que existe a abrangência de vários temas, que vai desde projeto arquitetônico até a escolha do melhor posicionamento dos elementos estruturais e dimensionamento mais adequado.

No entanto, este trabalho teve como objetivos específicos a realização de pesquisa bibliográfica em livros e artigos para aprofundar o conhecimento em concreto armado, buscando assim a melhor maneira de dimensionar a estrutura utilizando o software Eberick, concluindo foi feita a análise de todos resultados

fornecidos pelo software.

Entretanto, mesmo com os cálculos sendo feitos automaticamente pelo software, é de suma importância que quem esteja manuseando o projeto seja um profissional qualificado, para que haja um perfeito equilíbrio entre o software e o conhecimento prático do profissional.

Portando, frisamos que este projeto ficou com o resultado dentro do esperado, ou seja, atendeu a todos os parâmetros exigidos pelas normas vigentes, obtendo assim, uma boa estabilidade da estrutura, bem como o perfeito agrupamento de todos os elementos estruturais.

## REFERÊNCIAS

LEONHOART, F.; MÖNNING, E. **Construções de concreto**. Volume 1. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

# ESTUDO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA A USINA DE ASFALTO DO MUNICÍPIO DE CAÇADOR/SC

*ENVIRONMENTAL LICENSING STUDY FOR THE ASPHALT MILL OF MUNICIPALITY  
CAÇADOR / SC*

Lucas Domingues dos Santos<sup>1</sup>  
Luciane Dussi Pereira<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho tem como finalidade estudar e analisar o procedimento de licenciamento ambiental de uma usina de asfalto. O licenciamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente e visa à preservação e manutenção da qualidade ambiental. Este trabalho vai abordar as condicionantes necessárias para se obter uma licença ambiental e suas interconexões com o órgão ambiental, os técnicos envolvidos e o empreendedor. As usinas de asfalto podem causar impactos ao meio ambiente, necessitando assim, instrumentos reguladores. O objetivo deste trabalho é realizar um fluxograma dos procedimentos de licenciamento ambiental para a usina de asfalto do Município de Caçador/SC que no momento se encontra desativada e identificar as melhorias que devem ser realizadas para a obtenção da licença. Na revisão bibliográfica deste trabalho será apresentado o processo do licenciamento ambiental, os tipos de licença ambiental, as diferentes concepções de usinas de asfalto, os estudos ambientais necessários para a obtenção da licença, os órgãos ambientais dentre outras informações.

**Palavras-Chave:** Licenciamento Ambiental. Usina de asfalto. Condicionantes.

## ABSTRACT

The purpose of the present work is to study and analyze the environmental license

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: [lucasinhorin@outlook.com](mailto:lucasinhorin@outlook.com).

<sup>2</sup> Professor Orientador. Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental ,pela Universidade Federal de Santa Catarina , Pós Graduado em Engenharia Ambiental ,pela Universidade Federal de Santa Catarina e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

procedure of an asphalt plant. The environmental license is a National Environmental Policy instrument and aims at the preservation and maintenance of environmental quality. This study will address the necessary determinants to obtain an environmental license and its interconnections with the environmental agency, the technicians involved and the entrepreneur. Asphalt plants can cause impacts to the environment thus requiring, regulatory instruments. The objective of the present work is to perform a flowchart of the environmental license procedures for the asphalt plant in the Municipality of Caçador/SC that is currently deactivated, as well as identify the improvements that must be achieved in order to obtain the license. In the bibliographic review of this work the environmental license process will be presented and also the types of environmental license, the different asphalt plants conceptions, the necessary environmental studies to obtain the license, the environmental agencies, among other information.

**Keywords:** Environmental licensing. Asphalt plant. Determinants.

## INTRODUÇÃO

Vivemos numa época de conscientização ambiental, tendo em vista o crescimento da sociedade e o seu desenvolvimento, busca-se de tal maneira um equilíbrio da ação do homem em relação ao meio ambiente.

Segundo a Resolução nº 237 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, 1997), o licenciamento ambiental é um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

No caso da ativação da usina de Asfalto do Município de Caçador/SC o órgão responsável pelo licenciamento ambiental é a Fundação do Meio Ambiente (FATMA). A FATMA analisa e avalia o licenciamento ambiental com base em suas instruções normativas (IN), atualmente são 65 IN. Compete à FATMA averiguar a atividade ou empreendimento em análise para o licenciamento ambiental e enquadrar a instrução normativa correspondente, orientando o empreendedor solicitante.

Sendo assim surge a seguinte questão: Quais os requisitos exigidos pela normativa da FATMA que precisarão ser cumpridas para obter o licenciamento ambiental da usina de asfalto do município de Caçador/SC?

---

Este trabalho tem uma importância pessoal devido ao meu envolvimento com a prefeitura municipal de Caçador, na qual sou estagiário há quase dois anos, e onde me interessei pela área de pavimentação, dentro da linha de atuação da engenharia civil. A relevância acadêmica deste TCC encontra-se tanto no referencial teórico como na aplicação prática deste tema que é um complemento às questões técnicas estudadas em sala de aula, servindo de referência para os estudantes da área. Profissionalmente, o engenheiro civil terá que se envolver, no exercício de sua profissão, com processos de licenciamento ambiental das atividades que fará parte de seu trabalho. E por fim, toda a sociedade ganha quando há um esforço no sentido de entendimento das normas relativas a preservação ambiental.

O objetivo geral deste trabalho é realizar o estudo do procedimento para obtenção do licenciamento ambiental de uma usina de produção asfáltica e aplicá-los num estudo de caso da usina de asfalto de Caçador. Define-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Realização de pesquisa bibliográfica sobre o tema;
- b) Investigar o processo de licenciamento no qual está enquadrada a usina asfáltica;
- c) Diagnosticar a situação atual da usina;
- d) Elaborar o passo a passo do procedimento para obtenção da licença.

A metodologia utilizada neste trabalho foi a pesquisa exploratória, que permitiu o aprofundamento do conhecimento sobre as etapas do licenciamento ambiental, as especificações exigidas pelo órgão licenciador de Santa Catarina, com base na legislação ambiental vigente.

## DESENVOLVIMENTO

Neste item é apresentado o referencial teórico do processo de licenciamento ambiental. Além de expor os métodos empregados na aplicação prática da pesquisa.

A bordo os principais elementos trabalhados no processo de licenciamento ambiental, com foco na atividade da Usina de Asfalto do município de Caçador.

---

## LICENCIAMENTO AMBIENTAL

“O licenciamento ambiental é instrumento fundamental na busca do desenvolvimento sustentável. Sua contribuição é direta e visa a encontrar o convívio equilibrado entre a ação econômica do homem e o meio ambiente onde se insere” (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2007, p. 03).

“É uma exigência legal a que estão sujeitos todos os empreendimentos ou atividades que empregam recursos naturais ou que possam causar algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente” (OECD, 2013).

No Artigo 1º, inciso I, da Resolução nº 237 (CONAMA, 1997), define o conceito do licenciamento ambiental da seguinte forma:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possa causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

## TIPOS DE LICENÇA

Em cada fase do processo de licenciamento ambiental se tem uma licença apropriada: no planejamento, a licença prévia (LP); na instalação da obra, a licença de instalação (LI); e no funcionamento da operação, a licença de operação (LO) (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2007).

No Artigo 8º, inciso I, II e III, da Resolução nº 237 (CONAMA, 1997), estabelece as seguintes licenças, que devem ser expedidas pelos órgãos ambientais, mas ressalta que elas podem ser emitidas isoladas ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade.

- Licença Prévia (LP) - concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- Licença de Instalação (LI) - autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante; e

---

-Licença de Operação (LO) - autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

## ESTUDOS AMBIENTAIS

Estudos ambientais consistem em estudos referentes aos aspectos ambientais dos locais, instalação, operação e ampliação. Apresentando as licenças como subsidio para análise (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2016).

No Brasil, estudos ambientais são exigíveis para obter-se uma autorização governamental para realizar atividade que utilizem recursos ambientais ou tenham o potencial de causar degradação ambiental. Tal autorização, conhecida como licença ambiental, é um dos instrumentos mais importantes da política ambiental pública. Tem caráter preventivo, pois só emprego visa evitar a ocorrência de danos ambientais (SÁNCHEZ, 2008, p. 80).

### **Relatorio Ambiental Previo (RAP)**

É um estudo técnico formado por um especialista licenciado, que visa fornecer dados que comprovem a viabilidade ambiental do empreendimento, considerando a degradação ao meio ambiental. Deve mostrar a compatibilidade entre os meios físicos, biológicos e socioeconômicos, buscando uma análise sucinta sobre a área a ser construída e relatar os resultados da implantação da mesma. O intuito de sua elaboração é para ter a emissão da licença ambiental previa (CONSEMA, 2006).

Caso seja insuficiente o relatório para a análise, pode-se pedir o EAS (BIOSFERA, 2018).

### **Estudo Ambiental Simplificado (EAS)**

O Estudo Ambiental Simplificado - EAS é um estudo técnico elaborado por equipe multidisciplinar que oferece elementos para a análise da viabilidade ambiental de empreendimentos ou atividades consideradas potencial ou efetivamente causadoras de degradação do meio ambiente. O objetivo de sua apresentação é a obtenção da Licença Ambiental Prévia – LAP Conforme a Resolução

---

n° 001 (CONSEMA, 2006).

Na mesma fase da licença previa, o EAS se baseia nos impactos ambientais de baixo potencial que os empreendimentos proporcionam. O licenciador poderá pedir outros estudos também, tem seu grau de complexidade maior que o RAP e menor que o EIA/Rima.

### **Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima)**

O estudo de impacto ambiental (EIA) é uma das ferramentas que a Política Nacional do Meio Ambiente utiliza para o licenciamento de atividades com expressivo potencial de impacto ambiental. O órgão ambiental responsável lista o que pode ser um impacto significativo e o Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), classifica as atividades submissas ao EIA (DULINSKI, 2012).

Deve-se ser ressaltado que o termo significativo de impacto ambiental não é fácil de modo de compreensão, não existe um critério único que abrangesse todo o território nacional brasileiro. O que pode ser significativo no centro urbano as vezes pode não ser na zona rural, ou vice-versa (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2007).

O Relatório de impacto Ambiental (RIMA) é pedido nas mesmas situações quando se tem o EIA. O EIA e o Rima são documentos totalmente distintos, o EIA tem a função de diagnosticar a potencialidade do impacto ambiental, naturais, socioeconômicas, compreensão e controle da mesma, já o Rima, tem a função de transmitir a população sobre o estudo ambiental que se contem pelo EIA, mostrando as vantagens e desvantagens da instalação do empreendimento, ou seja, o EIA pode-se dizer que é um documento técnico e o Rima um relatório de fácil compreensão linguística aos leigos (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2007).

### **USINA DE ASFALTO**

É um conjunto de equipamentos mecânicos e eletrônicos que tem como função a produção de massa asfáltica (SILVA, 2018).

“Uma usina de asfalto não pode ser considerada apenas um equipamento dentro do processo de pavimentação. É muito mais do que isto. Trata-se de uma fábrica uma unidade industrial.” (CIBER, 2012, p.03).

Segundo o Bernucci et al. (2006, p. 376) “As operações envolvidas na produção de misturas asfálticas a quente são as seguintes, descritas brevemente adiante:”

- Estocagem e manuseio dos materiais componentes das misturas asfálticas na área da usina;
- Proporcionalmente e alimentação do agregado frio no secador;
- Secagem e aquecimento eficiente do agregado à temperatura apropriada;
- Controle e coleta de pó no secador;
- Proporcionalmente, alimentação e mistura do ligante asfáltico com o agregado aquecido;
- Estocagem, distribuição, pesagem e manuseio das misturas asfálticas produzidas.

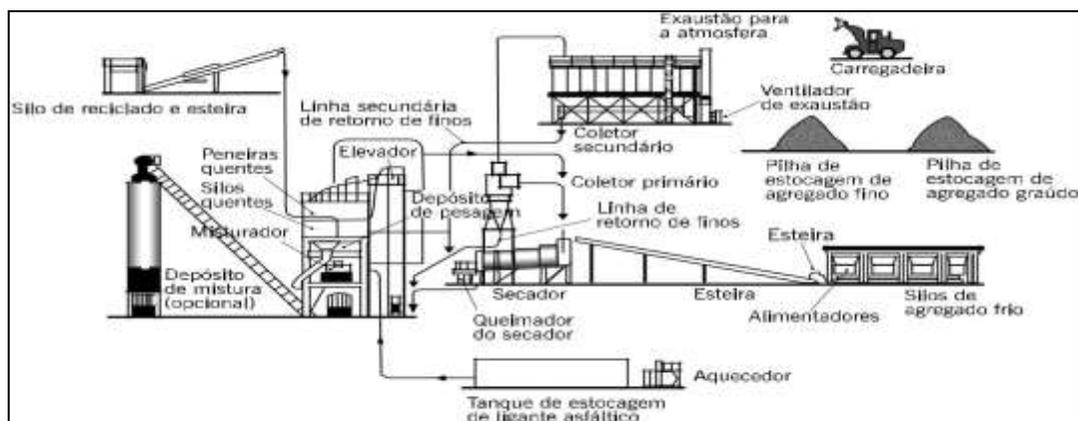


Figura 11- Representação esquemática de uma usina asfáltica por batelada

Fonte: Asphalt Institute (1998)

## Impactos Ambientais da Usina de Asfalto

As usinas de produção asfáltica podem causar vários impactos ao meio ambiente, necessitando de uma estratégia que permita diagnosticar os impactos e demonstrar soluções para as atividades (RAUBER; CASSANEGO; SILVA, 2004)

“Os principais impactos relacionados a uma usina de asfalto do tipo CBUQ

(Concreto Betuminoso Usinado a Quente) são na sua maioria as emissões atmosféricas, seguidas de elevados níveis de ruídos” (FAGNANI et al., 2009, p. 214).

Tabela 3 - Agentes e fontes poluidoras de usinas asfálticas

Agente poluidor	Fontes poluidoras
Material Particulado	Secador rotativo (forno secador), peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem, tráfego de veículos e vias de acesso.
Gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos; Misturador de asfalto: hidrocarbonetos; Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos; Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
Emissões fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.

Fonte: Adaptado da NORMA DNIT 070 - PRO (DNIT, 2006)

## MATERIAIS E MÉTODOS

“A pesquisa exploratória é um dos tipos de pesquisa científica. Consiste na realização de um estudo para a familiarização do pesquisador com o objeto que está sendo investigado durante a pesquisa.” (SIGNIFICADOS, 2018).

Este processo permite ao pesquisador eleger as técnicas mais apropriadas para a sua pesquisa e lhe admite decidir sobre os pontos que necessitam maior cautela durante a busca. Além do levantamento bibliográfico, o processo envolve a efetuação de entrevistas com pessoas que tenham controle do assunto analisado, pesquisas de campo e análise de outros exemplos que estimulem a concepção do assunto (SIGNIFICADOS, 2018).

Atividade 1 - Conhecer com mais detalhes o processo de licenciamento ambiental aplicado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente - FATMA à atividade de Usina de Asfalto. Para realizar esta atividade foram utilizados os seguintes métodos: Entrevistas e Utilização de processo de referência.

Atividade 2 - Diagnóstico da situação atual da Usina de Asfalto de Caçador. Para isto serão realizadas as seguintes atividades: Vistorias de campo; Estudo de Laudos técnicos da usina e Resgate da documentação existente da Usina:

Atividade 3 - Elaboração de planilhas, rede PERT/CPM, diagrama de GANTT e descrições das atividades apresentando a compilação dos resultados obtidos e as

---

indicando as alternativas possíveis para o licenciamento ambiental da atividade. Para realizar este objetivo serão realizadas as seguintes atividades: Considerações prévias à elaboração dos resultados e Elaboração de diagramas PERT/COM e planilhas dos resultados.

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS RESULTADOS

### ATIVIDADE 1

Foram obtidas com mais detalhes informações sobre o processo de licenciamento ambiental aplicado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente - FATMA à atividade de Usina de Asfalto.

Constituiu-se realizar alguns contatos com pessoas especialistas da área, permitindo assim formular uma construção de cenários. O resultado possibilitou buscar informações específicas sobre o processo de licenciamento ambiental, situação da mesma e o enquadramento da usina de asfalto do Município de Caçador/SC objeto do estudo.

Foi constatado que o primeiro passo do processo de licenciamento se dá oficialmente mediante o preenchimento do formulário de caracterização do empreendimento-integrado (FCEI) no sistema de informações ambientais (SinFat). O mesmo indicará com base no código da atividade constante da listagem de atividades e empreendimentos potencialmente causadores de degradação ambiental e/ou atividades florestais, a instrução normativa (IN) aplicado ao licenciamento da atividade ou empreendimento, assim como o termo de referência para os estudos ambientais necessários, para que seja dado início ao procedimento de licenciamento.

A FATMA emite o Documento de Arrecadação de Receitas Estaduais – DARE, taxa a ser paga pelo empreendedor, sendo o valor da mesma titubeada de acordo com o potencial poluidor e porte do empreendimento. A solicitação da licença só se dá início após a efetuação do pagamento da DARE. Para cada requerimento existirá uma DARE.

A Usina de Asfalto do Município de Caçador/SC segundo o senhor Clésio Leonel Hossa informou, nunca possuiu qualquer tipo de licença ambiental, ou

mesmo autorização de funcionamento emitida pelo órgão ambiental competente. Neste sentido fica evidenciado que a Usina de asfalto da Prefeitura Municipal de Caçador/SC operou por quase 25 anos sem qualquer tipo de documentação legal no contexto ambiental.

Os mesmos disponibilizaram como referência para o presente estudo um processo existente na FATMA. Trata-se do processo de licenciamento ambiental da usina de asfalto do Município de São Cristóvão do Sul. Com a permissão para estudo do processo.

## ATIVIDADE 2

Foi diagnosticada a real situação da usina com base em vistorias, estudo de laudos técnico e resgate de documentação existente.

A Usina de Asfalto da Prefeitura de Caçador/SC está localizada na rodovia SC 453, km 07.

Foram realizadas visitas para complementar o estudo, de forma que possibilitou gerar informações in loco para o desenvolvimento do mesmo, analisando e relatando as situações da estrutura.

A seguir, imagem da usina de asfalto da prefeitura de Caçador/SC.



Figura 12 - Usina de Asfalto da Prefeitura Municipal de Caçador/SC

Fonte: O próprio autor (2018)

Os laudos técnicos existentes sobre a usina, foram elaborados em

---

decorrência de uma visita técnica para avaliar a possibilidade de adequação do sistema de filtragem de gases e uma verificação geral das condições de conservação da usina. A solicitação de vistoria partiu da Secretaria da Infraestrutura do município de Caçador/SC, que foi realizada, em 21 de fevereiro de 2018.

A empresa contratada para a elaboração dos pareceres técnicos, denominada CIBER, forneceu à Secretaria de Infraestrutura um relatório de serviço, que lista alguns pontos que devem ser adequados ou substituídos, devido a degradação da estrutura. O parecer elaborado avaliou também o contrato, se valeria o investimento realizado para adequação do equipamento existente, em comparação com a aquisição de um novo sistema.

Foi realizada uma busca da documentação existente sobre a usina. Como resultado desta investigação, foi constatado que a Usina de asfalto do município de Caçador/SC, não possui licenciamento ambiental e portanto, não foi possível resgatar documentos que pudessem ser utilizados numa possível regularização da mesma.

### ATIVIDADE 3

Conforme a coleta de informações e estudos anteriores, foi possível definir os caminhos possíveis a serem seguidos visando a regularização ambiental da usina, por meio do licenciamento ambiental.

Consideração 1: A FATMA possui uma modalidade de licença ambiental de operação denominada LAO Corretiva. Esta licença visa regularizar atividades que se encontram em operação, mas que não possuem licenciamento ambiental. Neste tipo de procedimento, a FATMA pondera sobre todos os documentos necessários para as licenças anteriores.

Consideração 2: No laudo contratado pela prefeitura, consta a orientação técnica de que seria mais viável a implantação de nova estrutura para a usina, devido ao alto custo de adequação da atual usina, que já tem quase 25 anos. As usinas atuais de produção de asfalto contam com novas tecnologias tanto para a produção quanto para a proteção ambiental.

Diante desta situação, pode-se prever que haverá a demanda para a elaboração de projetos de engenharia destinados à implantação desta nova

---

estrutura. Fica evidente, desta forma, que a elaboração da documentação para a obtenção da licença ambiental de implantação será similar ao caso de uma nova usina.

Consideração 3: Entrar com a solicitação de licenciamento da estrutura atual, sem a substituição por um equipamento novo, trás um elemento de dúvida, pois existe a possibilidade do empreendimento não estar em conformidade com as exigências do órgão licenciador, correndo o risco da mesma não ser licenciada.

Consideração 4: Como resultado deste estudo, não foram encontrados documentos que questionassem a localização do empreendimento. O mesmo encontra-se em área afastada do centro urbano e abrigada de inundações. Desta forma, considera-se prudente, em caso de querer agilizar o processo de licenciamento ambiental, solicitar a licença ambiental prévia juntamente com a licença ambiental de instalação.

Diante destas considerações, foram previstos dois caminhos possíveis para a elaboração dos cenários para o licenciamento ambiental da usina:

Caso 1 – Agilizar o processo de licenciamento ambiental, requerendo a LAP juntamente com a LAI e elaborando os documentos para a LAO antes mesmo da finalização da implantação do empreendimento.

Caso 2 - Utilizar o ritmo padrão do procedimento de licenciamento ambiental, requerendo uma licença após a outra.

Foram elaboradas tabelas, rede PERT/CPM (sistema inglês), diagrama de GANTT e descrição das atividades para a LAP, LAI e LAO separadamente e para o licenciamento completo.

A seguir estão apresentados os resultados para a LAI e o licenciamento ambiental completo, sendo os demais resultados análogos, tendo em vista aplicação da mesma metodologia.

#### LICENÇA AMBIENTAL DE INSTALAÇÃO - LAI

Conforme expresso nas considerações iniciais, nesta fase do licenciamento ambiental há a possibilidade de executá-la de duas formas distintas:

Caso 1 - A Licença Ambiental de Instalação é solicitada juntamente com a Licença ambiental Prévia. Neste caso, visa-se a agilização do processo.

Caso 2 - A Licença Ambiental de Instalação será solicitada após a obtenção da Licença Ambiental Prévia, seguindo o ritmo padrão do procedimento de licenciamento.

## LICENÇA AMBIENTAL DE INSTALAÇÃO

Nº	Ponto	Letra	Atividade	Precedência	Tempo (dias)
1	Início do processo de licenciamento	A	Cadastro do empreendimento e requerimento da LAP junto ao SinFat		5
2	Cadastro efetuado	B	Elaborar procuração para representação do interessado	A	5
3	Procuração pronta	C	Cópia da Avaliação hidrica da SDS	A	7* / 1**
4	Cópia da avaliação obtida	D	Cópia da Obtenção da matrícula atualizada do Imóvel	A	5* / 1**
5	Cópia da matrícula obtida	E	Cópia da Anuência dos proprietários	A	5* / 1**
6	Cópia de anuência obtida	F	Projeto arquitetônico e de locação com ART, Projeto executivo com ART, Projeto executivo de drenagem pluvial com ART, Projeto básico com ART, Projeto de terraplanagem com ART, Projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil com ART, Realizar estudo de análise de risco e plano de ação emergencial com ART e Planos e programas ambientais com ART.	B/C/D/E	56
7	Projetos concluído	G	Protocolo no SinFat, para análise da FATMA.	F	90
8	Obtenção da LAI		<b>Tempo Estimado</b>		<b>158* / 156**</b>

OBS= \* Caso 1 LAP/LAI Simultânea \*  
\*\*CASO 2 LAI após obtenção da LAP \*\*

Figura 13 - Licença Ambiental de Instalação

Fonte: O próprio autor (2018)

## LICENÇA AMBIENTAL DE INSTALAÇÃO – PERT/CPM

CASO 1

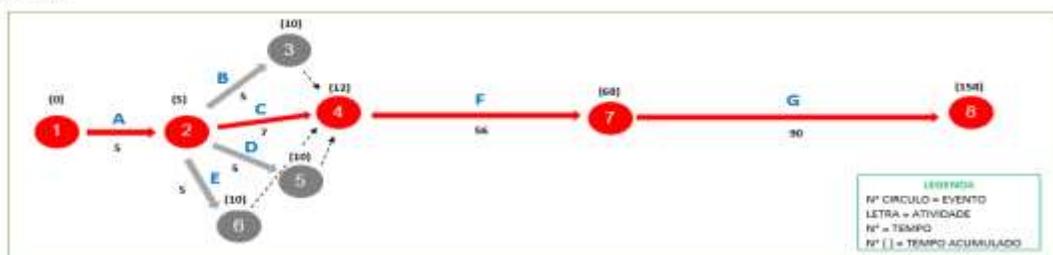


Figura 14 -Licença Ambiental de Instalação - Rede PERT/CPM – Caso 1

Fonte: O próprio autor (2018)



## LICENÇA AMBIENTAL DE INSTALAÇÃO – GANTT



Figura 17 - Licença Ambiental de Instalação - Diagrama de GANTT - Caso 2

Fonte: O próprio autor (2018)

### LICENCIAMENTO AMBIENTAL COMPLETO

Depois de ter analisado os procedimentos referentes à obtenção de cada uma das licenças ambientais, foram elaborados Tabela Base, rede PERT/CPM (sistema inglês) e diagrama de GANTT para o processo completo de licenciamento do empreendimento.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nesta etapa do estudo.

### LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES LAP / LAI / LAO

**CASO 1 - Neste caso será representado o esquema de fluxograma do licenciamento ambiental, COM simultaneidade dos procedimentos.**

Nº	Evento	Letra	Atividade	Precedência	Tempo (dias)
1	INICIO DO PROCESSO DA LAP/LAI	A	PROTOCOLO DOS DOCUMENTOS E ESTUDOS PARA LAP E ANALISE DA FATMA	-	149
2	OBTENÇÃO DA LAP	B	PROTOCOLO DOS DOCUMENTOS E ESTUDOS PARA LAI E ANALISE DA FATMA	-	158
3	OBTENÇÃO DA LAI	C	CONSTRUÇÃO DA USINA	B	60
4	USINA PRONTA	D	PROTOCOLO DOS DOCUMENTOS E ESTUDOS PARA LAO E ANALISE DA FATMA	C	97
5	EMPREENHIMENTO LICENCIADO, PRONTO PARA OPERAR		Tempo Estimado		315

Figura 18 - Licenciamento: LAP, LAI e LAO – Caso 1

Fonte: O próprio autor (2018)

## LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES LAP / LAI / LAO – PERT/CPM

CASO 1 - Neste caso será representado o esquema de fluxograma do licenciamento ambiental, COM simultaneidade dos procedimentos.

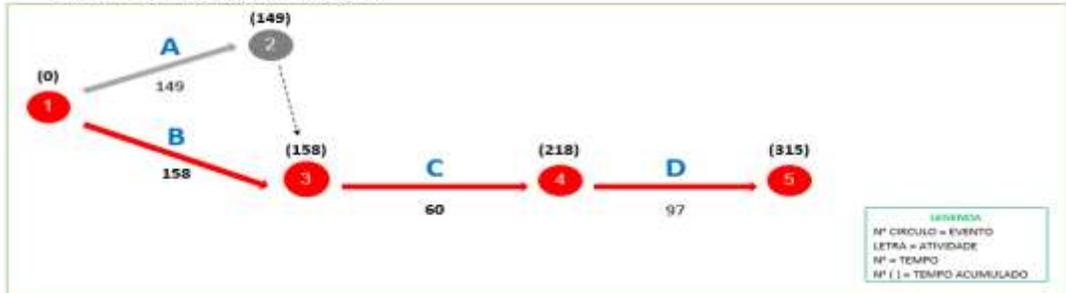


Figura 19 - Licenciamento: LAP, LAI e LAO - Rede PERT/COM - Caso 1

Fonte: O próprio autor (2018)

## LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES LAP / LAI / LAO

CASO 2 - Neste caso será representado o esquema de fluxograma do licenciamento ambiental, SEM simultaneidade dos procedimentos.

N°	Evento	Letra	Atividade	Precedência	Tempo (dias)
1	INICIO DO PROCESSO DA LAP	A	PROTOCOLO DOS DOCUMENTOS E ESTUDOS PARA LAP E ANALISE DA FATMA		149
2	OBTENÇÃO DA LAP	B	PROTOCOLO DOS DOCUMENTOS E ESTUDOS PARA LAI E ANALISE DA FATMA	A	156
3	OBTENÇÃO DA LAI	C	CONSTRUÇÃO DA USINA	B	60
4	USINA PRONTA	D	PROTOCOLO DOS DOCUMENTOS E ESTUDOS PARA LAO E ANALISE DA FATMA	C	97
5	EMPREENHIMENTO LICENCIADO, PRONTO PARA OPERAR		Tempo Estimado		462

Figura 20 - Licenciamento: LAP, LAI e LAO – Caso 2

Fonte: O próprio autor (2018)

## LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS ATIVIDADES LAP / LAI / LAO – PERT/CPM

CASO 2 - Neste caso será representado o esquema de fluxograma do licenciamento ambiental, SEM simultaneidade dos procedimentos.

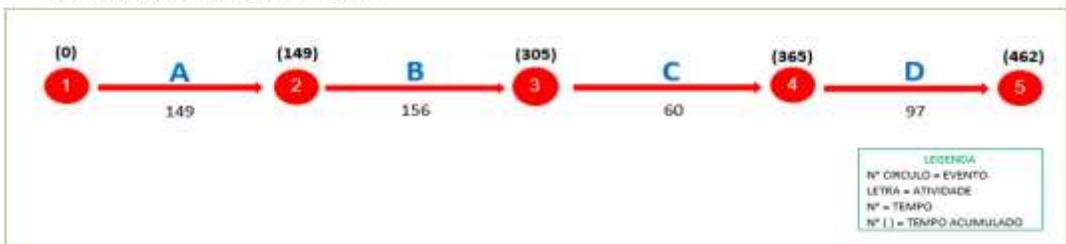


Figura 21 - Licenciamento: LAP, LAI e LAO - Rede PERT/COM - Caso 2

Fonte: O próprio autor (2018)

---

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com teste estudo, foi possível compreender melhor a complexidade do processo de licenciamento ambiental. Ele consiste no encadeamento de diversas atividades: obtenção de documentos junto a diversos órgãos, contratação de estudos e projetos, acompanhamento junto ao órgão licenciador (FATMA), dentre outras atividades que garantam a integridade do processo e efetiva preservação ambiental.

As entrevista com técnicos especialistas foi fundamental para o avanço do estudo em alguns pontos, como por exemplo: a consolidação do entendimento sobre o licenciamento ambiental e seu propósito, o enquadramento da atividade, a possibilidade de licenciamento simultâneo da LAP e LAI , o funcionamento pratico do sistema SinFat em suas etapas operacionais, prazos e taxas.

Observou-se que o órgão licenciador, conforme prevê a legislação pertinente, possui 240 dias úteis de prazo para análise do processo completo. No entanto, observou-se que o processo de referência levou 5 meses para sua conclusão, contanto a partir do requerimento apresentado ao órgão licenciador. Sendo assim, pode-se considerar que este prazo estipulado no estudo, com base nos prazos máximos legais, pode ser reduzido na prática.

Mediante vistoria de campo e análise dos laudos, descartou-se a utilização da estrutura da usina de asfalto existente, e sim a aquisição de uma nova usina. Devido a degradação do equipamento e a desatualização do sistema tanto produtivo como o controle da poluição ambiental.

A busca dos documentos que comprovassem a existência de processo de licenciamento no órgão licenciador demonstrou que o mesmo nunca existiu. Desta maneira, questiona-se o funcionamento da usina pelo período de quase 25 anos.

Em relação ao tempo previsto para o processo completo de licenciamento ambiental, os números arbitrados para a execução das atividades - elaboração dos documentos, estudos e projetos - serviram como referência para a construção dos resultados, porem podem assumir dimensões diferenciadas, conforme execução prática do processo e também de acordo com a experiência na execução da atividade.

O estudo proporcionou visualizar métodos para a regulamentação

---

ambiental e compará-los entre si, e ainda identificar o tempo necessário para a conclusão de cada um. Visualizando assim, o melhor método para obter o resultado final em menos tempo possível.

## CONCLUSÃO

O Licenciamento ambiental é um instrumento de grande importância para a proteção e preservação do meio ambiente. Ficou entendido o seu valor para a conservação e o equilíbrio da vida em geral e da sociedade humana em específico. Cabe ao Estado atuar e limitar as agressões realizadas contra a natureza, por meio do órgão licenciador. Este, por sua vez, utiliza-se de condicionantes necessárias para que os empreendimentos sejam implantados de forma menos impactante possível.

O estudo providenciou dados importantes para a compreensão sobre o funcionamento das licenças ambientais, sendo assim, possibilitou descrever todo o processo e planejá-lo de acordo com as principais atividades envolvidas.

A análise do empreendimento (Usina de asfalto do Município de Caçador/SC) permitiu conceber claramente a desatualização da estrutura implantada, a necessidade da aquisição de novos equipamentos e a irregularidade legal com a qual o mesmo vem trabalhando há anos.

Operar de acordo com a legislação ambiental, além de apresentar boa relação para com a sociedade e o meio ambiente, previne embargos, sanções, multas e outros custos derivados do não cumprimento da legislação.

Finalizando este estudo, sugere-se uma pesquisa complementar referente a viabilidade da instalação de uma nova usina de asfalto para o município, sendo que a atual já foi comprovada que é inviável.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTAL. **O que são estudos ambientais**. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/soft-livre-edu/ambiente/wp-content/plugins/as-pdf/generate.php?post=46>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro: Petrobras e Abeda, 2006.

---

BIOSFERA. **RAP – Relatório ambiental preliminar**: Qual o objetivo do rap – Relatório Ambiental Preliminar?. Disponível em: <<http://www.biosferamg.com.br/licenciamento/rap-relatorio-ambiental-preliminar/>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 237**, de 19 de dezembro 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

BRASIL. **Resolução CONSEMA n. 001**, de 14 de dezembro 2006. Aprova a Listagem das Atividades Consideradas Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental passíveis de licenciamento ambiental pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA e a indicação do competente estudo ambiental para fins de licenciamento. Florianópolis, SC, 2006. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=249911>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

CIBER. **Usinas de asfalto**: Tecnologias e Processos. Disponível em: <[https://media.wirtgen-group.com/media/06\\_sasww/\\_local\\_content/wirtgen\\_brasil/infomaterial\\_7/asphalt\\_plant\\_\\_\\_technologies/Usinas\\_de\\_Asfalto\\_PT-SP.pdf](https://media.wirtgen-group.com/media/06_sasww/_local_content/wirtgen_brasil/infomaterial_7/asphalt_plant___technologies/Usinas_de_Asfalto_PT-SP.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2018.

DULINSKI, Ana Paula. **Licenciamento ambiental**: estudo da inserção de seus processos nas demais etapas de uma obra linear de engenharia. 2012. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Graduação em Engenharia Civil. UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FAGNANI et al. **Diagnostico de uma usina de asfalto visando a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental com base na norma ABNT NBR ISSO 14001**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/cauetst/usina-de-asfalta>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

OECO. **O que é Licenciamento Ambiental**. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27321-o-que-e-licenciamento-ambiental/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

RAUBER, Ana Carla Carvalho; CASSANEGO, Marcio Luiz; SILVA, Rodrigo Ferreira da. **Diagnóstico de Impactos Ambientais causado por Usina de Asfalto**. 2004. 10 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Curso de Curso de Engenharia Ambiental. UNIFRA, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria. Disponível em:

---

<<http://sites.unifra.br/Portals/36/tecnologicas/2004/Diagnostico.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental**: conceitos e métodos. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SIGNIFICADOS. **Significado de pesquisa exploratória**. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/pesquisa-exploratoria/>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

SILVA, Paulo Rogerio Veiga. **Quais são as usinas de asfalto?** Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/quais-s%C3%A3o-usinas-de-asfalto-paulo-rog%C3%A9rio-veiga-silva>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Secretaria de Controle Externo. **Cartilha de licenciamento ambiental**. 2. ed. Brasília: TCU, 2007.

# ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O CONCRETO COM ADIÇÃO DE NANOSÍLICA E O CONCRETO COM ADIÇÃO DE SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO

*COMPARATIVE STUDY BETWEEN CONCRETE WITH ADDITION OF NANOSILIC AND  
CONCRETE WITH ADDITION OF SILICON FUME IN SUSPENSION*

Mônica Martins Schwartz<sup>11</sup>  
Gabriela Cassol<sup>12</sup>

## RESUMO

O concreto deve ser em seu estado endurecido resistente e ao mesmo tempo durável. Algumas adições minerais podem ser acrescentadas ao concreto com o objetivo de melhorar essas características, um exemplo de uma adição que comprova esses efeitos é a sílica ativa. Contudo, há alguns estudos sobre o uso de sílica ativa em escala nanométrica mais conhecida como nanosílica, mas estas pesquisas estão produzindo resultados variados e apesar de ser evidente o potencial deste tipo de adição não há um consenso sobre qual é o melhor percentual para se obter o melhor desempenho do concreto. Com isso, este trabalho busca responder à questão: Se compararmos a sílica ativa em suspensão e a nanosílica, qual delas apresentará maior resistência mecânica? À vista disso, foi realizado um estudo de dosagem do concreto com adição de nanosílica e com adição de sílica ativa em suspensão, afim de se obter o melhor percentual de dosagem para cada um dos concretos e se fazer a comparação, foram realizados os ensaios do concreto no estado fresco e ensaios do concreto no estado endurecido, e por fim, analisados e avaliados os resultados encontrados.

**Palavras-Chave:** Concreto. Durabilidade. Nanosílica. Resistência à compressão. Sílica ativa.

---

<sup>11</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: [monica.schwartz11@hotmail.com](mailto:monica.schwartz11@hotmail.com).

<sup>12</sup> Professora Orientadora. Graduada em Engenharia Civil, pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Mestrado em Engenharia Civil, pela Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP) campus de Ilha Solteira e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

**ABSTRACT**

The concrete should be in its sturdy and yet durable state. Some additions may be included in the concrete in order to improve these characteristics, an example of an

addition that is subject to active silica. Hyphens, there are some studies on the use of active silicon nanometer scale, better known as nanosic, but the researches are produced in varied and despite the power to describe this type of additives, there is no consensus on what is the best percentage to obtain the best concrete performance. If we compare performance in an activity and a new routine, what is its greatest mechanical power? In view of this, a concrete dosage study was carried out with the addition of active data and comparisons, in order to obtain the best percentage of dosage for each of the concretes and to make a comparison, The fresh state and the tests of uncured concrete, and finally, the judgment and evaluation of the results found.

**Keywords:** Concrete. Nanosilica durability. Compressive strength. Silica fume.

## INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil em todo mundo, ele está presente em grande parte das estruturas (MORAIS; LOPES, 2010). Com o advento da tecnologia, eles estão se tornando cada vez mais resistentes e duráveis. Sendo que nas últimas décadas, o uso de adições em concretos vem sendo amplamente pesquisado, com o propósito de melhorar o seu desempenho (SANTOS, 2016).

Uma dessas adições é a sílica ativa que quando utilizada traz vantagens como aumento da resistência mecânica e química. Contudo, nota-se um interesse em partículas desta natureza em escala nanométrica, como a nanosílica. De acordo com Moraes e Lopes (2010) pesquisas realizadas indicam que concretos produzidos com a adição de nanopartículas podem apresentar grandes ganhos de resistência a compressão.

Partindo disso, este trabalho tem como objetivo geral apresentar um estudo comparativo entre o concreto com adição de nanosílica e o concreto com adição de sílica ativa em suspensão. E conseqüentemente demonstrar qual dessas adições, apresentará maior resistência mecânica quando adicionada ao concreto.

O estudo experimental foi realizado no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP em Caçador. Primeiramente foi realizada a caracterização dos materiais que foram utilizados, em seguida, a dosagem do concreto com adição de nanosílica e do concreto com adição de sílica ativa em suspensão, após foi realizado ensaios no estado fresco e endurecido do

---

concreto e por fim, análise e avaliação dos resultados encontrados entre os teores utilizados de cada adição em relação ao concreto convencional.

## DESENVOLVIMENTO

Este item apresenta uma revisão bibliográfica do concreto bem como das adições de nanosílica e sílica ativa em suspensão. Além de descrever os materiais e métodos que serão empregados.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão abordados as definições e explicações sobre as adições de nanosílica e sílica ativa em suspensão, bem como suas características, e propriedades.

### Sílica Ativa

A sílica ativa também é denominada microssílica, fumo de sílica ou fumo de sílica condensado. É um resíduo decorrente da produção de silício ou de ligas de ferrosilício, obtido a partir de quartzo de alto grau de pureza e de carvão em forno elétrico a arco submerso. A sílica ativa pertence à categoria dos materiais pozolânicos altamente reativos. O alto teor de  $\text{SiO}_2$  no formato amorfo, aliado a uma elevada finura, proporciona à substância uma altíssima reatividade com os produtos decorrentes da hidratação cimento, o que contribui para um melhor desempenho de concreto e argamassas (MORAES; LOPES, 2010).

Segundo a Tecnosil, (2013) a adição de teores entre 5 e 8% de sílica ativa em relação ao peso do cimento melhora as características dos concretos e argamassas, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, proporcionando:

- a) Baixa permeabilidade, porosidade, absorvidade;
- b) Maior resistência mecânica;
- c) Alta resistência a ambientes agressivos;
- d) Aumenta a coesão;
- e) Diminui a exsudação.

---

## Nanosílica

A nanosílica possui a mesma composição química que a sílica ativa. Entretanto, a principal diferença entre elas é o tamanho da partícula. O tamanho típico das partículas de sílica ativa está compreendido entre 200 e 1000 nm, enquanto o da nanosílica está entre 3 e 200 nm (TECNOSIL, 2013).

Segundo Silva (2016), as nanopartículas possuem uma grande área de superfície e elevada reatividade, quando comparadas com partículas com a mesma composição química e de tamanho maior. Esta característica, quando se fala em aplicação em misturas cimentícias, é responsável pela alteração de propriedades no estado fresco e endurecido, em comparação com as adições convencionais. Os grãos nanométricos participam de forma mais efetiva das reações pozolânicas, características da hidratação, resultando em novos materiais com desempenho superior.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender o objetivo geral deste trabalho e tornar possível a realização do estudo comparativo entre o concreto acrescido de sílica ativa em suspensão e outro com nanosílica, foram dosados os materiais e moldados os corpos de prova no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe- UNIARP, logo, o rompimento dos corpos de prova foram realizados na empresa MineRocha Catarinense localizada na cidade de Caçador.

### MATERIAIS

Para confecção do concreto e moldagem dos corpos de prova é necessária uma mistura de todos os seus componentes com a adição ou não de outros materiais. Logo abaixo demonstra-se os seguintes materiais que foram empregados:

### Cimento Portland

O aglomerante utilizado neste trabalho na fabricação do concreto foi o cimento CP II Z - 32, segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991), este tipo de cimento, é composto por limites fixos, com adição de material pozolânico de 6% á 14%, 94% á

---

76% de componentes de clínquer e sulfatos de cálcio e até 10% de material carbonático. Podendo ter uma resistência de 25MPa, 32MPa ou 40MPa.

### **Agregado miúdo natural**

Como agregado miúdo foi utilizada a areia proveniente da região de Porto União/SC, com massa específica de  $2,66 \text{ g/cm}^3$ , massa unitária de  $1,45 \text{ Kg/dm}^3$  e com módulo de finura de 1,24 sendo classificado como uma areia fina.

### **Agregado graúdo natural**

O agregado graúdo natural utilizado neste trabalho, possuía uma massa específica de  $1,84 \text{ g/cm}^3$ , massa unitária de  $1,45 \text{ Kg/dm}^3$ , diâmetro máximo de 12,50mm e módulo de finura de 1,39 se classificando como brita 01.

### **Sílica ativa**

A sílica ativa que foi utilizada apresenta, conforme o fabricante, teor de  $\text{SiO}_2$  amorfo maior que 85%, superfície específica de  $20.000 \text{ m}^2/\text{kg}$ , massa específica de  $2,220 \text{ g/cm}^3$  e formato de partícula esférico. O tamanho típico das partículas de sílica ativa está compreendido entre 200 nm e  $1 \mu\text{m}$ . A massa unitária não densificada é inferior a  $350 \text{ kg/m}^3$  e a massa unitária densificada superior a esse valor. A sílica ativa utilizada encontra-se na forma de suspensão em água, em proporção 50:50 em massa (TECNOSIL, 2013).

### **Nanosílica**

A nanosílica que foi utilizada nesta pesquisa encontrava-se estabilizada ao aditivo químico superplastificante à base de policarboxilato, sendo suas partículas dispersas homogeneamente no mesmo e, portanto, possibilitando sua perfeita homogeneidade na massa do concreto no momento da mistura. O tamanho típico das partículas de nanosílica está compreendido entre 3 e 200 nm (TECNOSIL, 2013).

## **METODOLOGIA**

A metodologia empregada nesse estudo foi experimental, descritiva,

---

qualitativa e quantitativa e fundamentou-se em ensaios que foram seguidos de acordo com as Normas da ABNT, esses ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe- UNIARP, afim de se obter os resultados para conclusão desse estudo.

### **Método de dosagem**

Entre os métodos de dosagem experimental, o escolhido para este trabalho é conhecido como Método IPT/EPUSP, por ter sido desenvolvido no EPUSP/IPT (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/Instituto de Pesquisas Tecnológicas). Trata-se de uma forma de buscar curvas que expressam o comportamento dos materiais, e não um traço isolado para uma determinada resistência característica (HELENE; TERZIAN, 1992).

Para este presente trabalho, foram confeccionados os seguintes traços:

- a) 1 traço de concreto convencional (C.V);
- b) 1 traço de concreto com 5% de sílica ativa (C.S.A 5%);
- c) 1 traço de concreto com 8% de sílica ativa (C.S.A.8%);
- d) 1 traço de concreto com 0,45% de nanosílica estabilizada (C.N 0,45%);
- e) 1 traço de concreto com 1,0% de nanosílica estabilizada (C.N 1,0%).

Para essa pesquisa foi definido um teor de argamassa de 69%, portanto, a proporção do concreto de referência, em massa, considerada adequada foi 1:1,60:1,15 (cimento, areia e brita) e uma relação água/cimento de 0,46, é importante ressaltar que, para garantir a linha de comparação entre o concreto convencional, o concreto com sílica ativa em suspensão e o concreto com nanosílica estabilizada, procurou-se manter constante a relação água/cimento e o teor de argamassa entre os cinco tipos de concreto, ao se manter esse valor conseguimos garantir que toda a resistência adicional do concreto com sílica ativa ou nanosílica é proveniente dos benefícios desta adição mineral, e não da redução da relação água/cimento ou variação do teor de argamassa.

As proporções dos materiais utilizados nos traços desse estudo estão expressas na Tabela 01.

Tabela 4: Dosagem dos traços de concreto

Materiais		C.V	C.S.A 5%	C.S.A 8%	C.N 0,45%	C.N 1,0%
Traço em massa (35 kg)	Sílica Ativa (kg)		0,4665	0,7464		
	Cimento (kg)	9,33	8,8635	8,5836	9,33	9,33
	Areia (kg)	14,93	14,93	14,93	14,93	14,93
	Brita (kg)	10,74	10,74	10,74	10,74	10,74
Água (L)	Sílica ativa		0,4665	0,7464		
	Adicionada		3,825	3,55		
	Total	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30
Nanosílica estabilizada (kg)					0,04199	0,0933

Fonte: O próprio autor

## Ensaio do concreto

Para a determinação da consistência do concreto no estado fresco foi realizado o ensaio descrito na NBR NM 67 (ABNT, 1998): Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

A massa específica do concreto no estado fresco foi determinada de acordo com a NBR 9833 (ABNT, 2009): Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico.

Os corpos de prova utilizados nos ensaios do concreto endurecido foram os cilíndricos, que foram moldados de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2016): Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Sendo 9 para cada traço, que foram rompidos aos 7, 14 e 28 dias de idade. Após a moldagem os corpos de prova foram colocados em uma superfície livre de vibrações e cobertos nas suas primeiras 24h, por fim, foram colocados em um tanque com água, onde permaneceram até as datas de rompimento.

A resistência à compressão do concreto foi determinada pelo rompimento dos corpos de prova, segundo método expresso na NBR 5739 (ABNT, 2007): Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Serão apresentados e discutidos os resultados dos ensaios realizados, sendo expostos os resultados dos ensaios realizados no estado fresco e no estado

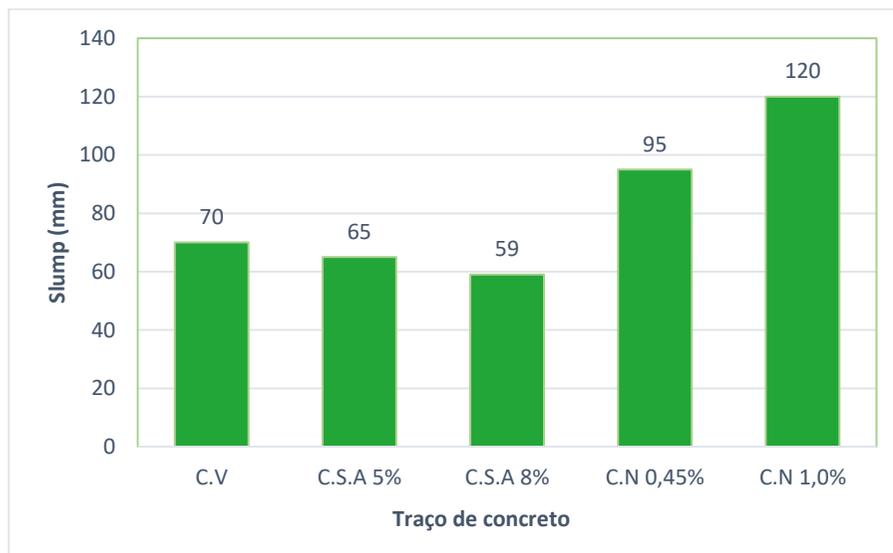
endurecido do concreto, além das análises comparativas entre os diferentes tipos de concreto produzido.

## CONSISTÊNCIA

Para verificação da trabalhabilidade do concreto no estado fresco, foi realizado o ensaio descrito na NBR NM 67 (ABNT, 1998). O gráfico 01 traz os valores de consistência obtidos para os traços de concreto em estudo.

Como pode ser observado no Gráfico abaixo, os resultados obtidos para a trabalhabilidade da sílica ativa na presente pesquisa confirmaram aqueles observados por Morais e Lopes (2010) e Silva et al. (2016), pois foi possível identificar que a sílica ativa, faz com que o concreto tenha um abatimento no slump-test menor em relação ao concreto convencional, perdendo a consistência, já os concretos produzidos com a adição de nanosílica apresentaram um Slump consideravelmente maior que os outros traços de concreto, devido ao fato de a nanosílica estar estabilizada em um aditivo químico superplastificante, então, o aumento de trabalhabilidade se deve ao aditivo e não a nanosílica, se a nanosílica fosse adicionada em grãos secos ao concreto ou estabilizada apenas em água ela deveria apresentar um Slump menor que o concreto convencional.

Gráfico 4: Consistência dos traços de concreto



Fonte: O próprio autor

## MASSA ESPECÍFICA

Para determinação da massa específica do concreto, foi seguido o ensaio descrito na NBR NM 9833 (ABNT, 2009), logo em seguida, foi elaborado o Gráfico 02.

Gráfico 5: Massa específica dos traços de concreto



Fonte: O próprio autor

O concreto convencional (C.V) apresentou a menor massa específica entre os traços de concreto. O resultado obtido para a massa específica do concreto com sílica ativa (teores de 5% e 8%) comprovam aqueles observados por Tecnosil (2013) e Neto e Geyer (2017), pois a adição destes materiais proporcionou, redução na permeabilidade e porosidade se comparado ao concreto convencional.

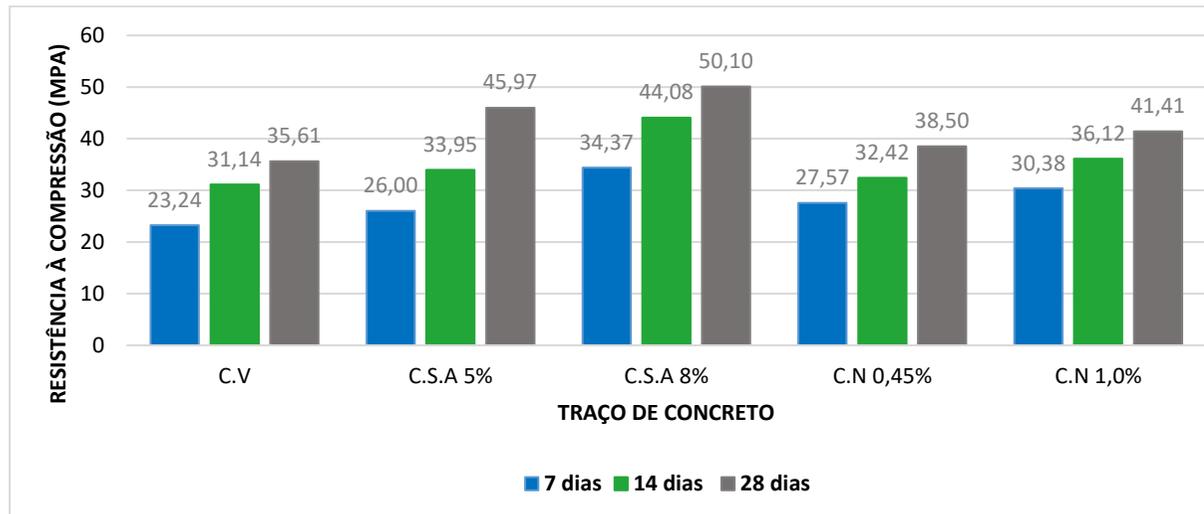
O resultado obtido para a massa específica do concreto com nanosílica comprova o que foi observado nos estudos de Sobolev e Sanchez (2010, tradução nossa), por menor que seja a quantidade de nanosílica adicionada ao concreto mais densa será a mistura, reduzindo a permeabilidade e porosidade do concreto.

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para determinação da resistência à compressão do concreto, foi seguido o procedimento descrito na NBR 5739 (ABNT, 2007), logo em seguida, com seus

resultados foi elaborado o Gráfico 03.

Gráfico 6: Resistência à compressão dos traços de concreto



Fonte: O próprio autor

Conforme o Gráfico 3 acima o (C.V) foi o traço que apresentou menor resistência em todas as suas idades.

Analisando a Tabela de taxas de crescimento de resistências abaixo, observa-se que a taxa apresentada pelo traço (C.S.A 5%) dos 7 a 28 dias de idades foi a maior, enquanto que as menores taxas foram apresentadas pelo concreto com adição de nanosilica (C.N 0,45% e C.N 1,0%).

Tabela 5: Taxa de crescimento de resistências

Traço	7 a 14 dias	14 a 28 dias	7 a 28 dias
C.V	33,99%	14,35%	53,22%
C.S.A 5 %	30,58%	35,41%	76,81%
C.S.A 8 %	28,25%	13,66%	45,77%
C.N 0,45 %	17,59%	18,75%	39,64%
C.N 1,0 %	18,89%	14,65%	36,31%

Fonte: O próprio autor

Os resultados obtidos na pesquisa experimental confirmaram as expectativas quanto à adição de sílica ativa no concreto, uma vez que notou-se um crescimento significativo entre as resistências. Comparado com o concreto convencional (C.V), o (C.S.A 8%), foi responsável por um acréscimo de resistência aos

---

28 dias de aproximadamente 40,69%, além disso, entre as duas porcentagens de adições de sílica ativa nos 7 e 14 dias houve um acréscimo significativo de resistência do concreto com adição de 8% (C.S.A 8%) com relação ao concreto com 5% (C.S.A 5%).

Os resultados obtidos para os concretos produzidos com nanosílica (C.N 0,45%) e (C.N 1,0%), em relação ao (C.V) foram satisfatórios, sendo que o (C.N 1,0%) alcançou uma resistência de 41,41MPa (conforme Gráfico 5) e apresentou o maior acréscimo de resistência aos 28 dias para concretos com nanosílica, sendo responsável por um aumento de 16,29% em relação ao (C.V) e 7,56% com relação ao (C.N 0,45%), já com relação ao (C.N 0,45%) não houve um aumento significativo, cerca de 8,12% com relação ao (C.V).

Comparando os valores dos resultados experimentais entre o concreto com adição de sílica ativa (C.S.A 5% e C.S.A 8%) e o concreto com adição de nanosílica (C.N 0,45% e C.N 1,0%), nota-se que a adição de nanosílica não contribuiu positivamente para o crescimento da resistência à compressão do material, sendo que aos 28 dias de idade a resistência do (C.S.A 5%) e (C.S.A 8%) foram maiores que os outros traços.

Observando os valores dos resultados experimentais obtidos para cada traço de concreto, nota-se que a adição de sílica ativa melhorou as propriedades mecânicas do concreto endurecido, aumentando a sua resistência à compressão e confirmando os efeitos positivos da adição que já eram conhecidos.

A adição de nanosílica também contribui para o aumento da resistência do concreto convencional, contudo, em comparação com os traços produzidos com a adição de sílica ativa os resultados não foram satisfatórios. Esperava-se que a nanosílica pudesse causar um incremento ainda maior na resistência do concreto, ao refinar os poros da mistura.

## CONCLUSÃO

Adições minerais de variadas fontes vêm sendo empregadas na indústria do concreto, trazendo vantagens em âmbitos técnicos, econômicos e ambientais. Hoje alguns autores julgam essencial o emprego de materiais pozolânicos a concretos que necessitem de propriedades específicas que são desejáveis em determinadas

---

circunstâncias e nota-se um interesse crescente sobre o uso de partículas desta natureza, em escala nanométrica.

Sabe-se que o efeito da adição de sílica ativa em pó ao concreto promove melhorias em suas propriedades, particularmente em termos de durabilidade e resistência a compressão e que cada uma das diferentes formas de disponibilização da sílica ativa tem vantagens operacionais, e todas podem ser utilizadas com sucesso.

Quanto aos efeitos da nanossílica adicionada ao concreto, as pesquisas anteriores expõem que ainda não se conhece praticamente nada, e os poucos trabalhos realizados produziram resultados adversos sobre o uso desta adição e não conseguiram chegar a uma porcentagem ideal para se obter todo o seu potencial.

Com isso, o presente estudo tinha como objetivo comparar qual dessas adições é a mais benéfica para o concreto em termos de resistência à compressão. Para isso foi dosado um traço de concreto convencional, e a partir desse traço foram dosados dois traços de concreto com duas diferentes porcentagens de sílica ativa e dois traços de concreto com duas diferentes porcentagens de nanossílica.

Dos resultados obtidos durante essa pesquisa, confirmou-se todos os observados sobre a adição de sílica ativa, que em suas diferentes porcentagens substituindo a massa de cimento melhorou as propriedades mecânicas do concreto endurecido aumentando a sua resistência à compressão e confirmando os efeitos positivos ao concreto que já eram conhecidos.

Para o concreto com adição de duas diferentes porcentagens de nanossílica, esperava-se que esta adição pudesse causar um incremento ainda maior na resistência do concreto, ao se obter uma massa específica maior, ou seja, um concreto menos poroso e permeável, no entanto, a nanossílica da forma como foi utilizada apresentou um aumento de resistência se comparada ao concreto convencional, mas uma resistência menor com relação ao concreto com adição de sílica ativa.

Diante dos resultados, é presumível que a nanossílica, da forma como foi administrada ao concreto neste trabalho, apresentou pouca atividade pozolânica, cabe ressaltar que esses resultados foram obtidos para a nanossílica estabilizada em aditivo químico superplastificante e não foi possível utilizar porcentagens maiores, pois acarretavam em perda de consistência do concreto.

---

Deste modo, conclui-se que a sílica ativa se mostrou a mais benéfica para este traço em estudo, mas cabe ressaltar que o emprego destas adições minerais ao concreto deve ser realizado após um estudo de custo x benefício que avalie a real contribuição desse material para a redução do custo total da edificação, já que é confirmado o aumento de resistência.

Sendo assim, fica como sugestões para trabalhos futuros realizar um estudo sobre o custo x benefício da sílica ativa em concretos. Seria interessante também realizar um estudo com nanosílica em pó, com maiores teores dessa adição ao concreto ou também utilizar ela em conjunto com outras adições até mesmo com a sílica ativa e avaliar as propriedades mecânicas desse concreto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto- Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833**: Concreto fresco - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. Brasília: Pini, 1992.

MORAIS, Nayara Queiros; LOPES, Rafaela Rocha. **Análise da contribuição de adições de microsílica e nanosílica na resistência à compressão de concretos convencionais**. 2010. 82 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. UFG, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

NETO, Tiago Ferreira Campos; GEYER, André Luiz Bortolacci. Efeitos do uso de aditivo com nanosílica em suspensão coloidal na consistência e resistência mecânica do concreto. **REEC- Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, vol. 13, n. 2, p. 162-172, dezembro 2017.

---

SANTOS, Thyala Anarelli Cunha e. **Estudo da adição de polímero superabsorvente e de nano partículas de sílica para melhorar as propriedades de concretos de alta resistência**. 2016. 166 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, Hygor Andrew da; FELIX, Elton José Pereira; MACHADO, Alexandre Cunha; GONÇALVES, Luzan Beiriz. Análise da influência de adição de sílica ativa na resistência à compressão em concretos. **Ciências exatas e tecnologia**, Maceió, vol. 3, n. 3, p. 41-54, novembro, 2016.

SOBOLEV, K., GUTIÉRREZ, M. F. How nanotechnology can change the concrete world: Part 2. **American Ceramic Society Bulletin**, Westerville, Ohio, EUA, v. 84, n. 11, p.16-19. 2005.

TECNOSIL. **Sílica Ativa**. Disponível em: <<http://www.tecnosilbr.com.br/produtos-aditivos-saco-soluvcl-concreto/>>. Acesso em: 26 março. 2018.

# ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO LEVE COM AR INCORPORADO

## *LIGHTWEIGHT CONCRETE DOSING STUDY WITH INCORPORATED AIR*

Naira Fabiana Paris<sup>1</sup>

Gabriela Cassol<sup>2</sup>

### RESUMO

O concreto é um dos materiais de maior utilização nas edificações e uma de suas maiores vantagens é a resistência à compressão (LIMA; BARBOZA; GOMES, 2003). Porém por outro lado, apresenta um peso específico elevado, o que se caracteriza como uma desvantagem. O concreto com ar incorporado foi inicialmente utilizado para melhorar sua resistência ao gelo e ao degelo, porém foi descoberto que o uso do aditivo incorporador de ar diminuiu significativamente seu peso específico em decorrência das microbolhas de ar presentes em sua estrutura. Apesar de interferir positivamente na diminuição do peso específico, estudos também comprovam que o uso do aditivo também afeta outras propriedades muito importantes do concreto como a resistência à compressão e trabalhabilidade. Dessa maneira esse trabalho teve por objetivo determinar a possibilidade de dosar um concreto leve com aditivo incorporador de ar que obtivesse um valor de resistência à compressão próxima ao concreto convencional. O programa experimental foi realizado no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). No processo foi realizada a caracterização dos materiais, em seguida o estudo de dosagem do concreto, sendo um traço de referência do concreto convencional (1:3,93) e três traços com aditivo incorporador de ar sobre o traço de referência com diferentes porcentagens de aditivo sobre a massa de cimento (0,20%, 0,40% e 0,50%) e, por fim o ensaio no estado endurecido e a análise dos resultados.

**Palavras-Chave:** Concreto leve. Ar incorporado. Resistência.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: [naira.paris@hotmail.com](mailto:naira.paris@hotmail.com).

<sup>2</sup> Professora Orientadora. Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Mestrado em Engenharia Civil, pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) campus de Ilha Solteira e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

## ABSTRACT

Concrete is one of the materials most used in buildings and one of its main advantages is the compressive strength (LIMA; BARBOZA; GOMES, 2003). However, on the other hand, it has a high specific weight, which is characterized as a disadvantage. The concrete with incorporated air was initially used to improve its resistance to freeze and thaw, but it was found that the use of the additive air incorporating significantly decreased its specific weight as a result of the air microbubbles present in its structure. Although it interfered positively in the reduction of specific weight, studies also prove that the use of the additive also affects other very important properties of the concrete like the resistance to compression and workability. In this way, the objective of this work was to determine the possibility of dosing a lightweight concrete with air incorporating additive that obtained a compressive strength value close to conventional concrete. The experimental program was carried out at the Materials and Soils Laboratory of the Alto Vale do Rio do Peixe University (UNIARP). In the process was carried out the characterization of the materials, then the dosage study of the concrete, being a trace of reference of conventional concrete (1:3,93) and three traces with incorporated air on the reference trace with different percentages of additive on the cement mass (0,20%, 0,40% and 0,50%) and, finally the test in the hardened state and analysis of the results.

**Keywords:** Lightweight concrete. Incorporated air. Resistance.

## INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados pela humanidade, as razões para que isso aconteça são diversas, entre elas estão a facilidade de encontrar os materiais para sua composição, o seu custo relativamente baixo, a facilidade com que pode ser produzido, a sua capacidade de adaptação a diversos tipos de fôrma e tamanhos e também a sua excelente resistência (LIMA; BARBOZA; GOMES, 2003).

Segundo Pinheiro e Crivelaro (2016) o concreto é constituído pela mistura de um aglomerante, um agregado miúdo, um agregado graúdo, água e, em algumas ocasiões, aditivos. A relação de quantidade desses materiais é chamada de traço, sendo o traço o encarregado pela resistência do concreto.

Os aditivos são, de acordo com Neville (2016) capazes de atribuir certas vantagens ao concreto em situações em que existam grandes dificuldades ou

---

dificuldades insuperáveis para o uso do concreto (convencional), e essa é a razão para o crescente uso desses produtos.

De acordo com a empresa fornecedora de materiais para construção civil Diprotec (2018) os incorporadores de ar são aditivos que adicionados na fase de amassamento na produção do concreto, incorporam e distribuem uniformemente as bolhas de ar no mesmo, e essas bolhas permanecem no produto depois de endurecido. Segundo a Diprotec (2018) o aditivo, entre outras aplicações é recomendado no uso de concretos leves e apresenta vantagens como aumento de durabilidade, redução de permeabilidade, água de amassamento, densidade, etc.

A substituição de parte dos materiais sólidos por ar no concreto, através da introdução do mesmo, resulta na diminuição da massa específica do concreto em relação ao concreto convencional, caracterizando-o assim como concreto leve (ROSSIGNOLO, 2009).

A consequente diminuição da massa específica no concreto leve é um fator que pode apresentar vantagens nos elementos estruturais, pois pode apresentar menor dimensão nos elementos de seção transversal, acarretando assim um menor peso nas fundações e, também em alguns casos pode facilitar construções em solos que apresentam baixa capacidade de suporte (NEVILLE, 2016). É importante lembrar que, de acordo com Neville (2016) os vazios de ar no concreto, sejam eles resultantes do aditivo ou de qualquer outra origem, afetam a resistência do concreto.

Com a disponibilidade de tantos materiais para a construção civil e também o surgimento de tantos outros, é possível encontrar um material que se adeque às exigências de cada caso, só é necessário conhecer esses materiais e saber utilizá-los e dosá-los. Com o crescente desenvolvimento da tecnologia os laboratórios estão cada vez mais equipados e capazes de realizar ensaios e testes para simular o comportamento do concreto com diferentes tipos de aditivos, inclusive o incorporador de ar.

Dessa maneira, o intuito desse trabalho é conhecer melhor as características e propriedades do concreto com adição de ar incorporado através de um estudo de dosagem, e, comparar a resistência à compressão do concreto leve com aditivo incorporador de ar e o concreto convencional e, conseqüentemente, ter a percepção de quando utilizá-lo e em quais casos ele é ou não recomendável se

---

comprado ao concreto convencional.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Este capítulo irá apresentar o programa experimental realizado no Laboratório de Materiais e Solos da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP) em Caçador. Primeiramente foi realizada a caracterização do agregado miúdo e agregado graúdo, e na seguida foram confeccionados quatro traços de concreto, sendo um traço de concreto convencional de referência e três traços de concreto com ar incorporado com diferentes porcentagens de aditivo sobre a massa de cimento. Em seguida foram realizados os ensaios no estado fresco do concreto e logo após os corpos de prova foram moldados, por fim foi realizado o ensaio no estado endurecido do concreto por rompimento dos corpos de prova aos 07, 14 e 28 dias para analisar a resistência à compressão.

### **MATERIAIS**

#### **Cimento Portland**

O tipo de cimento que foi utilizado para realização do trabalho, entre os diversos que estão disponíveis no mercado atualmente, é o CP II Z – 40, o Cimento Portland composto com pozolana. O cimento foi escolhido, porque é facilmente encontrado no mercado e possui ampla aplicação em diversas obras, sendo recomendado para obras estruturais. O CP II Z possui três classes de resistência adquirida aos 28 dias de idade: 25, 32 e 40MPa, sendo o 40 MPa, o utilizado no trabalho.

#### **Agregado miúdo**

O agregado miúdo que foi utilizado na realização do presente estudo, foi a areia fina, procedente da região de Porto União – Santa Catarina, com massa específica de  $2,66 \text{ g/cm}^3$ , massa unitária de  $1,468 \text{ g/dm}^3$  e módulo de finura de 1,84.

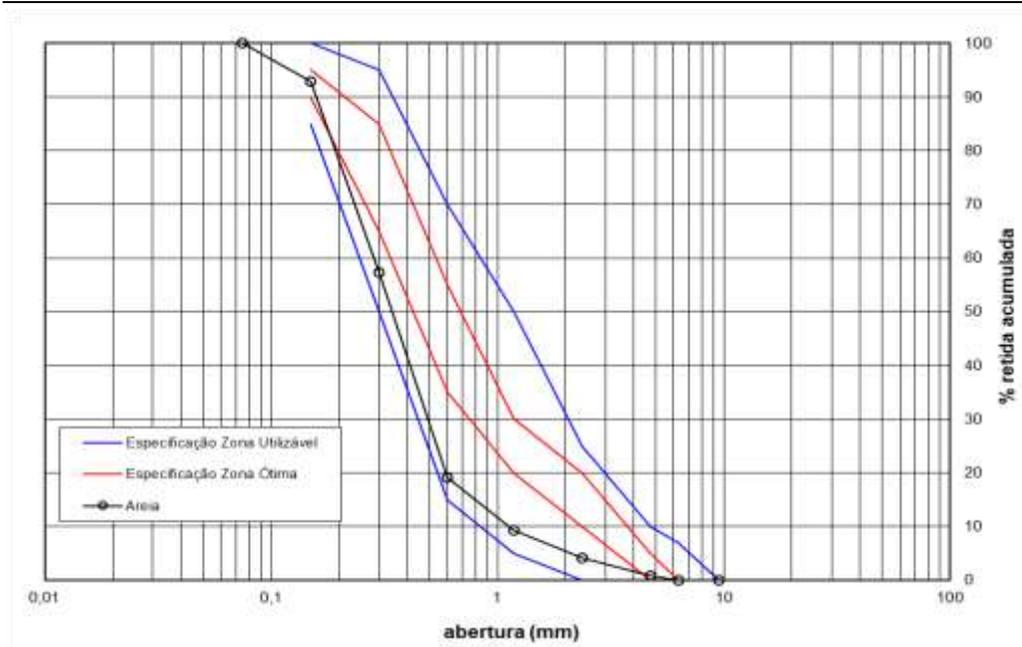


Figura 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo

Fonte: O próprio autor

## Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado para o desenvolvimento deste estudo, foi a brita 01, procedente de uma pedreira no município de Caçador – Santa Catarina, com massa específica de  $1,84 \text{ g/cm}^3$ , massa unitária de  $1,380 \text{ kg/dm}^3$  e módulo de finura de 1,39.

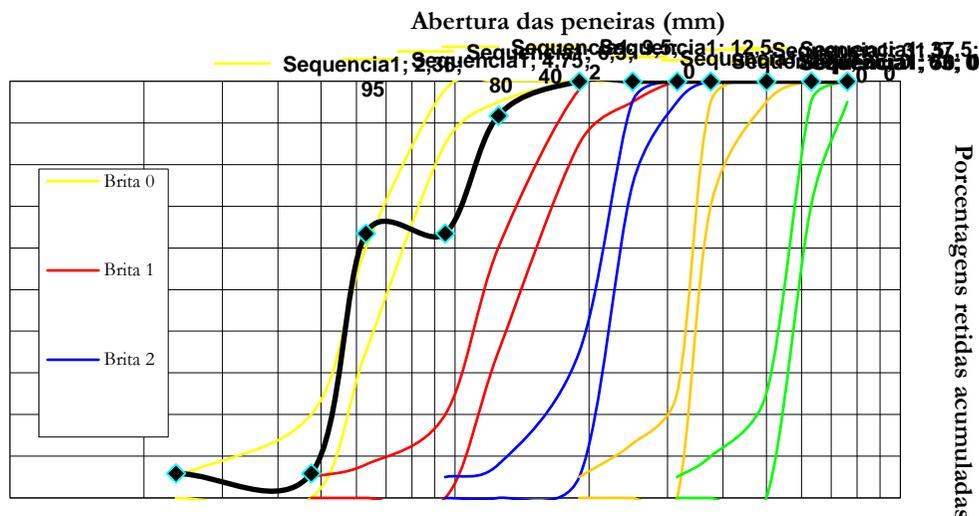


Figura 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo

Fonte: O próprio autor

### Aditivo Incorporador de Ar

O aditivo incorporador de ar utilizado neste trabalho para a produção do concreto foi o Centrament Air 200 – Aditivo incorporador de ar para concreto e argamassa da MC Bauchemie.

Segundo a ficha técnica do produto químico da Bauchemie, o método de ação do aditivo é produzir inúmeras bolhas de ar no concreto de diâmetro menor que 0,3 mm em concretos e argamassas, o aditivo pode ser usado tanto em concreto usinado como em concretos produzidos na obra, e pode ser utilizado juntamente com outros aditivos da Bauchemie.

O aditivo possui massa específica de 1 g/cm<sup>3</sup> e a recomendação do fabricante é que se utilize de 0,02 à 0,5% de aditivo sobre a massa do cimento.

### Água de Amassamento

A água de amassamento utilizada no desenvolvimento dos traços do concreto em estudo é de procedência do poço artesiano que abastece a UNIARP em Caçador – Santa Catarina.

## MÉTODOS

### Método de dosagem dos traços de concretos

O método de dosagem que foi utilizado na realização deste trabalho é o método desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), ou seja, o método IPT/EPUSP.

Na dosagem do concreto, utilizou-se o traço referência 1:3,93 que foi baseado no traço utilizado por Barbar (2016), sobre esse traço foram realizadas algumas alterações mediante alguns ensaios pré realizados no laboratório. Foi definido para o traço desse concreto convencional de referência um teor de argamassa de 59% e relação água/cimento de 0,45. Com base no traço convencional de referência desenvolveram-se mais três traços para o concreto com ar incorporado com diferentes porcentagens do aditivo sobre a massa de cimento. A descrição dos traços segue na tabela 01.

Tabela 1: Traços do concreto

Traço	1:3,93 (Convencional/ referência)	1:3,93 com 0,5% aditivo	1:3,93 com 0,4% aditivo	1:3,93 com 0,20% aditivo
Cimento (kg)	7,100	7,100	7,100	7,100
Areia (kg)	13,500	13,500	13,500	13,500
Brita (kg)	14,340	14,340	14,340	14,340
Água (L)	3,200	3,200	3,200	3,200
Aditivo (g)	-	44,500	28,400	14,20

Fonte: O próprio autor

### Ensaio do Concreto

O ensaio para determinar a consistência do concreto produzido foi realizado segundo o procedimento estabelecido na NBR NM 67 (ABNT,1998): Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

A determinação da massa específica do concreto em seu estado fresco foi realizada através do procedimento descrito na NBR 9833 (ABNT, 2009): Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo

método gravimétrico.

Os Corpos de prova, que foram utilizados nos ensaios do concreto endurecido foram os cilíndricos, e foram moldados seguindo as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015): Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Após a moldagem os corpos de prova foram deixados no molde e colocados em uma superfície livre de vibração e cobertos por um período de 24h, para que não houvesse perda de água. Após essas 24h os corpos de prova foram desmoldados e colocados em um tanque preenchido com água e, permaneceram ali até a data de seu rompimento.



Figura 3 – Moldagem dos Corpos de Prova

Fonte: O próprio autor

A determinação da resistência à compressão do concreto ocorreu pelo rompimento dos corpos de prova, segundo método da NBR 5739 (ABNT, 2018): Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### TRABALHABILIDADE

O ensaio para determinar a trabalhabilidade do concreto produzido foi realizado segundo o procedimento estabelecido na NBR NM 67 (ABNT,1998): Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

O ensaio foi realizado para todos os traços confeccionados e, o valor do slump obtido para o concreto convencional de referência (1:3,93) não foi fixado para os próximos traços que foram produzidos com o aditivo incorporador de ar, isso porque um dos mecanismos de ação do aditivo incorporador é justamente, interferir na trabalhabilidade do concreto, ou seja, cada dosagem de concreto com porcentagens variadas de aditivo teriam também variados valores de slump. A imagem a seguir apresenta os dados obtidos.

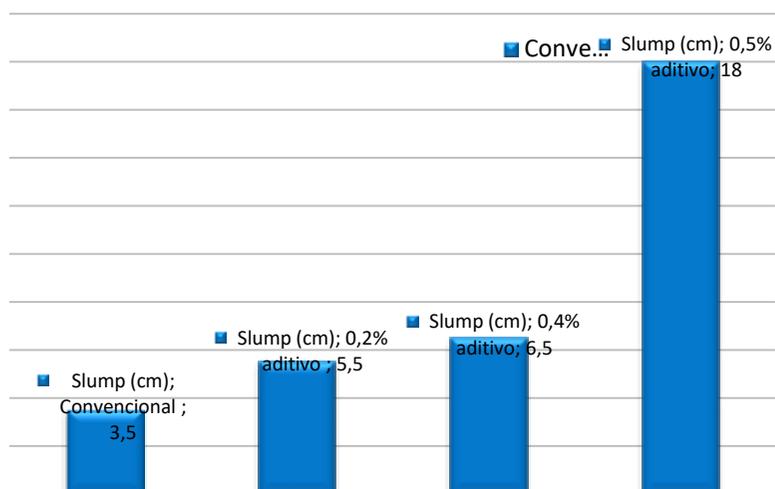


Figura 4 – Trabalhabilidade do Concreto

Fonte: O próprio autor

Com base nos dados obtidos é possível ver um aumento progressivo de slump para os concretos com ar incorporado, aumento esse que é mais significativo no concreto com 0,5% de aditivo. Comparando-se o concreto convencional de referência com o concreto com 0,5% de incorporador de ar pode-se ver um grande aumento de trabalhabilidade de 3,5 cm para 18 cm, sendo assim é possível concluir que o aditivo incorporador de ar influencia diretamente na trabalhabilidade do concreto, aumentando-a.

## MASSA ESPECÍFICA

A determinação da massa específica do concreto em seu estado fresco foi

realizada através do procedimento descrito na NBR 9833 (ABNT, 2009): Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico.

O ensaio da determinação da massa específica, foi realizado para todos os traços dos concretos em seu estado fresco, logo após a sua confecção, a imagem a seguir expressa os resultados obtidos:

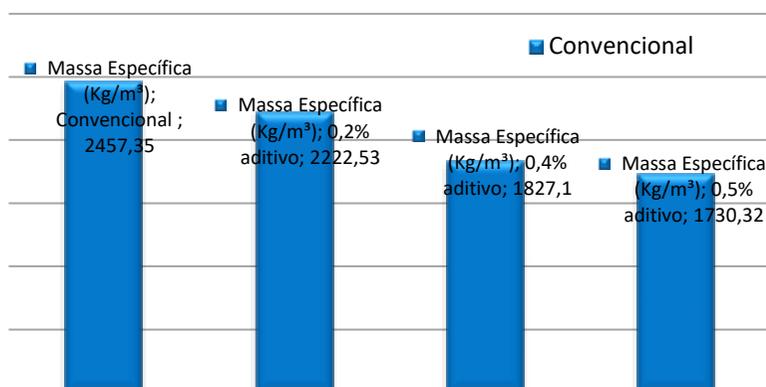


Figura 5 – Massa Específica do Concreto

Fonte: O próprio autor

Através dos resultados obtidos pode-se observar que o uso do aditivo no concreto reduz a sua massa específica, quanto maior o teor de aditivo utilizado maior foi a redução da massa específica, comparando-se o concreto convencional de referência com o concreto com 0,5% de incorporador de ar é possível ver que a massa específica passou de 2457,35 kg/m<sup>3</sup> para 1730,32 kg/m<sup>3</sup>, comprovando então a ação do aditivo em reduzir a massa específica do concreto.

## RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A determinação da resistência à compressão do concreto ocorreu pelo rompimento dos corpos de prova, segundo método da NBR 5739 (ABNT, 2018): Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

Os 36 corpos de prova confeccionados foram rompidos na empresa Minerocha Catarinense, sendo para cada traço três corpos de prova rompidos aos 7,

14 e 28 dias, os valores obtidos estão expressos no gráfico abaixo:

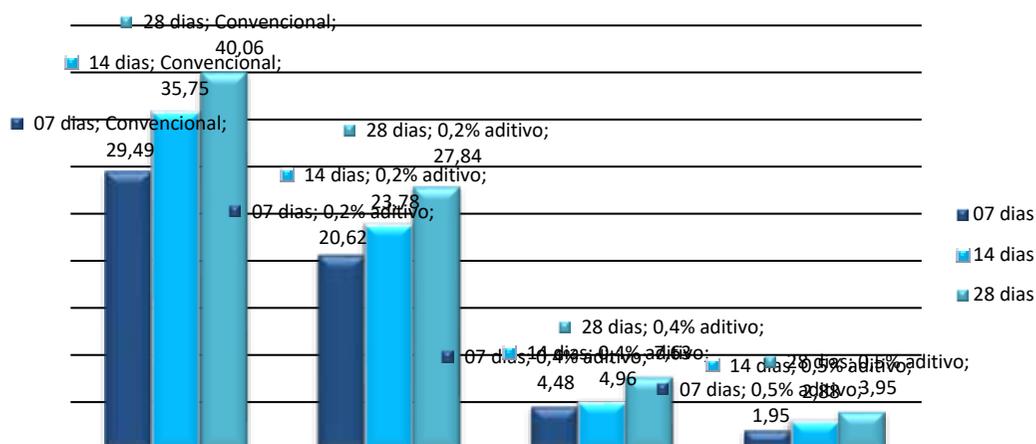


Figura 6– Resistência à Compressão

Fonte: O próprio autor

Com base nos dados obtidos após o rompimento dos corpos de prova, foi possível visualizar um aumento de resistência dos 07 para os 14 e então para os 28 dias em todos os traços confeccionados. Comparando-se o concreto convencional de referência com o concreto com 0,5% de aditivo incorporador de ar pode-se perceber uma diminuição expressiva de resistência, passando de 40,06 MPa para apenas 3,95 MPa, ou seja, verifica-se que o aditivo incorporador de ar tem grande influência na resistência à compressão do concreto,

## CONCLUSÃO

A utilização do concreto é muito ampla na construção civil, pois apresenta boas características como a resistência à compressão, e seus materiais constituintes são fáceis de encontrar, aliado ao aço também se torna resistente à tração, sendo assim é um material de grandes vantagens nas construções em geral.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e, também novos materiais, os estudos para novas confecções de concreto vêm se tornando comuns, e hoje vemos concreto com material reciclável, concreto com argila expandida, concreto

---

com isopor, entre muitos outros que são utilizados para diversas finalidades como para isolamento térmico e acústico por exemplo.

Dentro dos tipos de concreto está o concreto leve com ar incorporado, uma alternativa para casos onde se queira diminuir o peso das edificações. Devido às diversas microbolhas de ar presentes no concreto, ele se torna mais poroso, e logo mais leve, sua principal utilização é para obras em que se necessita do concreto com resistência ao gelo e ao degelo, porém, o aditivo usado nesse tipo de concreto pode também ser utilizado para diminuição do peso dos elementos de concreto.

Com base nos dados e resultados obtidos através dos ensaios realizados, percebeu-se que o aditivo incorporador de ar tem diferentes mecanismos de ação no concreto. Foi possível perceber que influencia diretamente a trabalhabilidade, massa específica e a resistência à compressão do concreto.

A utilização do aditivo incorporador de ar também acrescenta em custo no concreto, isso claro, pois sua aquisição também tem um valor, porém de acordo com os dados obtidos é possível perceber que esse aumento de custo não é exorbitante, passando de R\$102,81 para apenas R\$102,85, claro que quanto maior o volume de concreto mais perceptível será a diferença de valor, porém é válido considerar o uso do aditivo em casos onde de necessite de suas vantagens, pois o custo não é de extremo aumento e pode ser compensado em outras variáveis da obra.

No que se refere à trabalhabilidade, percebeu-se que o concreto ficou mais trabalhável à medida que se aumentou a quantidade de aditivo utilizado, ou seja, quanto mais aditivo for adicionado à mistura, mais trabalhável ele se torna. Referente à massa específica, foi possível notar uma diminuição considerável da mesma nas maiores quantidades de aditivos utilizados, ou seja, quanto mais aditivo se usa, mais leve o concreto se torna, isso em função de uma maior quantidade de micro-bolhas de ar que se formam em sua estrutura. E por fim, no que se refere à resistência a compressão, os resultados comprovam que em função das bolhas de ar introduzidas no concreto e, conseqüentemente aumento do seu número de vazios, a resistência à compressão sofre uma significativa diminuição, ou seja, quanto maior a quantidade de ar introduzido no concreto através do aditivo menor é a sua resistência a compressão.

A diminuição da massa específica nos concretos com ar incorporado classificou os concretos com 0,4% e 0,5% de aditivo incorporador de ar como

---

concreto leve de acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015) já que sua massa específica ficou abaixo de  $2000 \text{ kg/m}^3$ , o concreto com 0,2% de aditivo apresentou diminuição da massa em relação ao concreto convencional de referência, porém não se classificou como leve em função de sua massa ser acima de  $2000 \text{ kg/m}^3$ .

Sendo assim, chega-se à conclusão de que, o aditivo incorporador de ar produz concretos classificados como leves de acordo com a NBR 8953 (ABNT, 2015), porém, também se comprova uma drástica diminuição de sua resistência à compressão, quanto mais leve menos resistente o concreto se torna.

O concreto com 0,2% de aditivo incorporador apresentou uma resistência à compressão mais próxima que a do convencional de referência, porém não se enquadrou na classificação de concreto leve. Os concretos com 0,4% e 0,5% de aditivo incorporador se classificam como concretos leves, porém não apresentaram resistência à compressão satisfatória próxima do concreto convencional de referência para que pudesse ser utilizado com função estrutural. Dessa maneira, de acordo com os dados obtidos no trabalho, o concreto leve com ar incorporado tem sua utilização recomendada para enchimento e vedação de paredes e, em casos onde se deseje ou necessite de um concreto mais trabalhável, porém não podendo ser utilizado para fins estruturais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9833**: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008.

BARBAR, Joseph Salem. **Influência do teor de ar incorporado no desempenho de concretos com diferentes teores de agregados**. 2016. 149 f. Tese (Doutorado em

---

Arquitetura e Urbanismo – área de arquitetura, urbanismo e tecnologia) – Curso de Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia. USP, Universidade de São Paulo, São Carlos.

DIPROTEC, Produtos técnicos para construção. **Aditivos Incorporadores de ar**. Disponível em: <<http://www.diprotec.com.br/produto/aditivos-incorporadores-de-ar/>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

LIMA, Flávio Barboza de; BARBOZA, Aline da Silva Ramos; GOMES, Paulo Cesar Correia. **Produção e Controle de Qualidade do Concreto**. 1. ed. Alagoas: EDUFAL, 2003.

MC BAUCHEMIE. **Ficha técnica Centramet Air 200**. Disponível em: <<http://www.mc-bauchemie.com.br/wp-content/uploads/2013/12/centramet-air-200-11-2015.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Materiais de Construção**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.

ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2009.

# FRESADORA CNC DE BANCADA DIDÁTICA

*CNC Milling Machine*

Rafael Leandro Ferenc<sup>1</sup>

Fabício Páres<sup>2</sup>

## RESUMO

O Presente artigo visou o desenvolvimento de um projeto mecânico de uma fresadora CNC de bancada didática. O objetivo foi o de realizar o dimensionamento mecânico estrutural e dinâmico resultando na seleção dos componentes estruturais e dinâmicos que resultaram em um projeto final. A finalidade, é possibilitar aos acadêmicos do curso de engenharia, os conhecimentos relacionados a área de simulação, programação e usinagem de diferentes tipos de materiais. O projeto será construído como base fresadoras comerciais, e para desenvolvimento da pesquisa foram pesquisados diversos meios diferentes para construí-las até chegar ao modelo final. A metodologia de pesquisa consiste na busca de conhecimento técnico em dimensionamento de componentes voltado a área de projeto. Na apresentação de análise de resultados, é detalhado o desenvolvimento dos cálculos importantes para o dimensionamento do fuso, motor de passo e retífica. Com o levantamento dos requisitos do projeto foi dimensionado os elementos com base no referencial teórico. Cada componente foi buscado em catálogos de fabricantes, onde conclui-se o dimensionamento dos componentes da Fresadora CNC de Bancada Didática.

**Palavras-Chave:** Projeto mecânico, Fresadora, CNC.

## ABSTRACT

The present article aimed at the development of a mechanical design of a CNC milling machine. The objective was to carry out the structural and dynamic mechanical sizing resulting in the selection of the structural and dynamic components that resulted in a final design. The purpose is to enable the academics of the engineering course, the knowledge related to the area of simulation, programming and machining of different types of materials. The project will be built

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Mecânica, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: [rafaelleandroferenc@hotmail.com](mailto:rafaelleandroferenc@hotmail.com).

<sup>2</sup> Orientador e docente pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP)

---

as a base commercial milling machines, and for research development several different means were researched to build them until reaching the final model. The research methodology consists in the search of technical knowledge in dimensioning of components focused on the design area. In the presentation of analysis of results, the development of the important calculations for the spindle sizing, step motor and grinding are detailed. With the survey of the requirements of the project, the elements were dimensioned based on the theoretical reference. Each component was searched in catalogs of manufacturers, where it was concluded the dimensioning of the components of the CNC Milling Machine.

**Keywords:** Mechanical design, Milling machine, CNC.

## INTRODUÇÃO

A crescente aplicação de fresadoras CNC (Controle Numérico Computacional) em processos de fabricação mecânica industrial visando um aumento substancial de produção, tem demandado cada vez mais a qualificação de mão de obra para o desenvolvimento, operação e manutenção destes equipamentos.

Diante destes fatos, despertou a motivação para a realização de um projeto para uma fresadora CNC didática, determinou-se então como problema de pesquisa: como desenvolver o projeto mecânico para uma fresadora CNC visando sua aplicação didática?

O tema em questão reflete a necessidade da utilização de recursos didáticos na realização das aulas práticas ministradas em laboratório das universidades visando a formação do profissional que irá atender a demanda de mão de obra especializada, proporcionando desta forma que o acadêmico vivencie com maior proximidade as experiências de atuação em um processo industrial.

As Fresadoras CNC didáticas de bancada são equipamentos de proporções reduzidas quando comparadas às fresadoras CNC's industriais, tendo como finalidade dar formato e acabamentos a materiais diversos principalmente os de consistência bruta e rígida, transformando-os assim, em peças para usos diversificados ou até ferramentas de trabalho por meio de coordenadas.

Segundo Amorim (2006), bancadas didáticas são ferramentas fundamentais no ensino, pois os assuntos vistos em sala de aula não são muitas vezes suficientes para o aprendizado do acadêmico. Amorim. (2006) complementa ainda que as

---

bancadas didáticas são dispositivos usados para avaliar conceitos e modelos teóricos. O uso de bancadas didáticas simulando a operação de sistemas reais é também um procedimento amplamente conhecido e extensivamente utilizado para o desenvolvimento de qualquer projeto.

Neste contexto, este trabalho apresenta como objetivo geral desenvolver o projeto mecânico de uma fresadora CNC didática, foi desenvolvida a máquina com a finalidade e objetivo de dimensionamento dos componentes mecânicos da máquina.

## MÉTODOS UTILIZADOS

A realização desse artigo se baseou na primeira parte mecânica do projeto de uma Fresadora CNC de Bancada Didática, analisando a necessidade de que nem sempre os assuntos vistos em salas de aulas, são suficientes para o aprendizado do aluno

Com o desenvolvimento do projeto visa o conhecimento dos alunos seguimos os requisitos do projeto, com o desenvolvimento da parte mecânica com facilidade de manutenção, usinagem e custo baixo.

Os requisitos do projeto são baseados nos atributos como confiabilidade, fácil operação, ser resistente, usinar em X, Y e Z, realizar operação de fresamento e furação, possuir variação de velocidades, e possuir uma estética bem apresentável.

Este artigo tem objetivo em desenvolver uma fresadora CNC de bancada didática, que consiste em estrutura, mesa e retífica.

O seu descritivo, a fresadora será em perfil de alumínio por ser leve, o de potência entre os acionamentos do motor, serão utilizados eixos sextavados e maciços para melhor torque na estrutura, os rolamentos serão do tipo auto compensadores para melhor vida útil, as facas são de fácil manutenção. Nos componentes mecânicos, foram definidos catalogo de fabricantes como: rolamentos, retentores, chapas e aços para uma melhor definição. Cada componente possui suas características e especificações correta, seu tipo e a qualidade do material, após o processo em perfeito estado transferimos essas informações para uma melhor comunicação entre fabricante e o cliente.

## DIMENSIONAMENTO

Segundo Shingley (2008), o projeto mecânico necessita de conhecimento como: física, mecânica e materiais. Este tipo de projeto tem uma seguinte linguagem, o suficiente para envolver esboços e desenho de modelagem tridimensional da Fresadora CNC de Bancada Didática. Com conhecimento de projeto podemos assim escolher um adequado dimensionamento da máquina, selecionando os tipos de acionamento mecânico e estruturas. Por meio de análises de tensões, resistência de materiais, corrosão, atrito, segurança e manutenção, etc. Levantamos as características necessárias para croqui, ilustrando o posicionamento da máquina a partir de suas estruturas e seus componentes mecânicos, a figura 1 abaixo verificamos o primeiro protótipo da máquina:

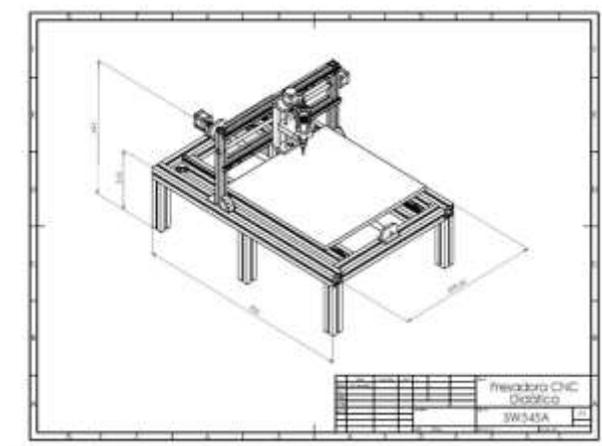


Figura 22: Croqui da Fresadora CNC de Bancada Didática

As características do projeto mecânico da fresadora CNC de bancada didática, começou com a necessidade da falta de um equipamento para que os acadêmicos dos cursos de graduação pudessem aplicar a teoria, vista em sala de aula com a prática. Nisso foi apresentado um croqui com os cálculos e dimensionamento mecânicos.

Com o projeto realizado e as características levantadas, foi organizado a pesquisa de referencial teórico para a fresadora, para melhor seleção de material da estruturada da máquina e melhor eficiência no sistema de acionamento dos componentes.

Decidiu-se que o primeiro componente a ser dimensionado seria o fuso

---

trapezoidal, responsável pela movimentação do conjunto motor/fresa e da mesa, onde foi determinado que a força solicitada da rosca é de 13,09 kgf, e com isso possível dimensionado o diâmetro do fuso o qual deveria ser de no mínimo  $\varnothing 1,6517\text{mm}$ . Com esse resultado, decidiu-se utilizar um fuso comercial com diâmetro de  $\varnothing 15\text{mm}$ , devido neste diâmetro possibilitar que seja feito rebaixos em suas extremidades, prevendo o elemento de apoio para mancalização, além também de minimizar vibrações quando acionado, por apresentar uma maior rigidez devido a sua circular, no qual o passo de deslocamento linear é de 5,5mm e confeccionado em aço trefilado SAE 1045, este trabalhando em conjunto com uma castanha em bronze com 40mm de comprimento. O fuso conta com um rendimento de 39,54%, resultado que foi levado em consideração para dimensionar o motor de passo.

A partir da definição do fuso foi realizado o cálculo do torque dos motores de passo. Selecionou-se o eixo Y da estrutura, onde será aplicado o maior esforço em virtude dos elementos montados sobre essa estrutura. Usou-se a apostila de Eletromecânica da Parker®, iniciando pelo cálculo de torque necessário para movimentação do sistema. Optou-se por uma velocidade máxima de trabalho de 3500mm/min, com um deslocamento de 5,5mm em 100ms (mili segundos). Com isso encontrou-se o valor de 0,316 N.m. O motor comercial utilizado foi de 0,41N.m.

O próximo item a ser dimensionado foram os guias lineares de deslize da estrutura, onde foi fabricado um mancal deslizante, montado sobre uma barra redonda maciça. Posteriormente determinou-se o momento fletor a que estariam submetidas através de uma carga de 5 kgf, para depois determinar-se o diâmetro, onde pelos cálculos obteve um diâmetro de  $\varnothing 9,46\text{ mm}$ . Com esse resultado utilizou-se uma barra de aço trefilado SAE 1045 com diâmetro de 13mm.

Os outros itens a serem dimensionados foram os rolamentos, onde precisou apoiá-los com elementos de suporte (mancal). A ponteira do fuso tem 12 mm e a capacidade do rolamento de 1,92 kN. Através de cálculos determinamos que a carga submetida no rolamento seria 150N, abaixo do limite da carga, sendo indicado ao trabalho.

Através desses dados de torque do sistema de transmissão, e do torque oferecido pelo motor de passo, seguiu-se para o dimensionamento do acoplamento necessário para transmitir a potência entre os elementos. Com o torque de acionamento seria de 0,300Nm entre os elementos, optou-se pelo acoplamento

---

Oldhan® com torque de acionamento de 4,0 Nm, bem acima da necessidade do sistema. O fator decisivo desta escolha foi a medida de 6,35mm de diâmetro, a mesma do motor de passo. A outra medida deve ser usinada na mesma medida do fuso.

Em seguida foram dimensionados os amortecedores de vibração através do catálogo da fabricante Vibraspot®, onde a máquina pesa 15kg. Optou-se por 6 pontos de apoio e o modelo selecionado foi o MICRO, conforme ANEXO IX, com capacidade de 50 kg cada, pois é o modelo com menor capacidade de carga.

Após esses cálculos deu-se atenção a estrutura da máquina, onde o material selecionado foi o perfil de alumínio, por ser de fácil montagem e desmontagem e boas características resistência. Com a estrutura determinada pôde-se dimensionar o motor responsável pela usinagem. Onde inicialmente selecionou-se o material de alumínio como base nos cálculos obtidos da usinagem, por tratar-se do material mais robusto dentre os especificados.

Em seguida optou-se por utilizar como ferramenta uma fresa esférica confeccionada em aço rápido, com dois canais de corte, com  $\varnothing 3\text{mm}$ , levando em consideração os parâmetros pré-estabelecidos pelo fabricante OSG®, onde através das equações obteve-se a potência de 66,63 W. Decidiu-se então usar uma micro retífica DREMEL® modelo 4000 e potência de 175 W. Outro fator de grande importância foi a capacidade de operar em diferentes rotações e rápida troca de ferramentas.

Com todas as peças de dimensionamento realizados, foi feito o detalhamento do projeto mecânico realizado pelo programa SolidWorks®, baseado em critérios de Von Mises, estrutura de esforços, falhas de projetos na estrutura e análise de elementos finitos.

Através desses resultados, elaborou-se o projeto da fresadora, no qual pode ser verificado no apêndice 1, onde apresenta-se seu dimensional e suas característica geométricas. Desta forma findando o projeto de desenvolvimento proposto e atingindo seu objetivo geral.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho se propôs a estudar o problema de dimensionamento de

---

componentes mecânicos envolvidos em uma fresadora CNC de bancada didática confeccionada para utilização na Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP. Após a realização deste trabalho de pesquisas com seus estudos realizados atingiu-se o objetivo que foi o de projetar a fresadora CNC de bancada, voltada para fins didáticos.

No capítulo 2 foi realizado diferentes tipos de pesquisas com diferentes autores abordando cada assunto, todas relacionadas ao problema de pesquisa. Após isso, foi apontado os diversos componentes mecânicos que seriam utilizados na máquina, incluindo elementos de fixação, transmissão, e metais para a estrutura mecânica e definição de usinagem, junto com formulário para o dimensionamento de cada componente, bem como a teoria dos elementos finitos.

Com o decorrer do desenvolvimento do trabalho, no item 2.2 foi empregado o procedimento da metodologia, onde foram levantadas informações de estudo de requisitos do projeto. Partindo-se para a realização do croqui e na sequência os dimensionamentos mecânicos referentes a estrutura e dinâmica da fresadora. Com o dimensionamento em fase de conclusão, deu-se a seguinte etapa de modelamento de um protótipo virtual, podendo assim identificar as dimensões finais do projeto mecânico, com o software CAD 3D SOLIDWORKS pode-se realizar e verificar alguns esforços e simulações virtuais de regime de trabalho.

A seguir no item 2.3, foi realizada a representação dos resultados referentes ao dimensionamento dos componentes, apresentando os requisitos de seleção.

Entre as maiores dificuldades encontradas neste trabalho pôde-se ressaltar a dificuldade de delimitar os componentes que seriam estudados profundamente para aplicação no projeto. Este estudo seguiu com a linha de pensamento de que a fresadora CNC deveria ser uma máquina versátil, de fácil manutenção e com o maior número de componentes disponíveis no mercado, tornando o processo de substituição de um componente relativamente simples. Desta forma, quando se deparou com a possibilidade de desenvolver um modelo de peça ou tentar-se adaptar uma já existente de um fabricante consolidado no mercado.

Os objetivos do projeto foram atendidos com êxito, além de proporcionar um melhor conhecimento dos futuros engenheiros, proporciona ao acadêmico relacionar a teoria com a prática, fazendo o dimensionamento e escolha dos seus devidos componentes.

---

## REFERÊNCIAS

CRUZ, Antonio José Ramos de Souza. **Elementos de máquinas**. 2008. Disponível em: <<https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/3/35/Sdfg.pdf>> Acesso 02 nov 2016.

DREMEL, **Retíficas**. Disponível em:[http://www.dremeleurope.com/pt/media/pt/media\\_2/downloads\\_3/Consumer\\_pt-PT-low.pdf](http://www.dremeleurope.com/pt/media/pt/media_2/downloads_3/Consumer_pt-PT-low.pdf). Acesso dia 02 nov 16

KALATEC: **Motores de passo**. Disponível em: <http://www.kalatec.com.br/motoresdepasso/motor-depasso>. Acesso em 02 nov 16

METALWORK, **Perfis de alumínio**. Disponível em:[http://www.metalwork.com.br/uploads/download/Perfis\\_aluminio](http://www.metalwork.com.br/uploads/download/Perfis_aluminio). Acesso em 20 out 16.

OBR, **Perfis de alumínio**. Disponível em:[http://www.obr.com.br/catalogos/OBR\\_perfis](http://www.obr.com.br/catalogos/OBR_perfis). Acesso dia 02 nov 16

PARKER, Hannifin Indústria e Comércio LTDA. **Parker Automation**. Tecnologia Eletromecânica. J acareí - SP, 2003, 60 p.

SAIT. **Perfis de alumínio**. Disponível em: <http://www.saitbr.com.br/downloads/catalogo>. Acesso em 02 nov 16.

SHIGLEY, Joseph E. **Projeto de Engenharia Mecânica**. 7. ed. São Paulo. Editora Bookman. 2005.

TRAPEZOIDAL. **Trapezoidal Thread form to DIN 103-4**. Disponível em: <[http://www.tekkno.com.br/Rolamento-Linear-LM16UU--Rolamentos--Linear-LM\\_cod\\_935](http://www.tekkno.com.br/Rolamento-Linear-LM16UU--Rolamentos--Linear-LM_cod_935)>. Acesso em: 02 nov 16.

# ELABORAÇÃO DO PROJETO DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO EM UMA ESCOLA NO MUNICÍPIO DE PINHEIRO PRETO –SC

*PREPARATION OF THE PREVENTION PROJECT AGAINST FIRE AND PANIC IN A  
SCHOOL IN THE MUNICIPALITY OF PINHEIRO PRETO -SC*

Siliane Aparecida Denardi<sup>1</sup>  
Gabriela Cassol<sup>2</sup>

## RESUMO

O fogo surgiu na pré-história quando o homem começou a utilizar como parte de sua vida, tornando-se um elemento básico para sua sobrevivência. Para haver fogo, precisa um conjunto de elementos, oxigênio, calor e combustível, formando um triângulo de fogo. Quando o fogo está fora de controle, podendo destruir tudo ao seu redor, denomina-se um incêndio. Sendo assim foi começado a estudá-lo, onde foi classificado de acordo com cada tipo de material, suas principais causas e métodos de extinção. O que se pode fazer é evitar o princípio do fogo. Para isso os órgãos governamentais e instituições criaram leis e normas de prevenção de incêndio, com finalidade de fixar requisitos mínimos nas edificações, para a segurança de seus ocupantes e dos patrimônios. A partir destes conhecimentos surgiu uma dúvida quanto à Escola de Pinheiro Preto, na qual comporta grande quantidade de alunos, ela está de acordo com as normas Corpo de Bombeiros de Santa Catarina em relação ao projeto preventivo contra incêndio? A partir do problema mencionado foi realizado uma pesquisa na legislação vigente, com base na norma foi dimensionado os sistemas de prevenção contra incêndio e pânico para uma edificação escolar, visando a segurança dos seus usuários.

**Palavras-Chave:** Fogo. Prevenção de Incêndio. Escola.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). [siliane\\_tatinha@hotmail.com](mailto:siliane_tatinha@hotmail.com).

<sup>2</sup> Professora Orientadora. Graduada em Engenharia Civil ,pela Universidade do Oeste de Santa Catarina , Mestrado em Engenharia Civil, pela Universidade Estadual Paulista “ Júlio de Mesquita Filho” e docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe.

---

## ABSTRACT

The fire arose in the prehistory time when man began to use it as part of his life, becoming a basic element for his survival. In order to have the fire, it is needed an element set, oxygen, heat, and fuel, forming a fire triangle. Thus, it was begun to study it, where it was classified according to each kind of material, its main causes, and extinction methods. What you can do is to avoid the fire principle. The government agencies and institutions created laws and standards for fire prevention, with the purpose of establishing minimum requirements in buildings for the safety of their occupants and assets. From this knowledge arose a doubt about Pinheiro Preto School, which has a large number of students, is it in agreement with the Santa Catarina Fire Department concerning the preventive project fire? From the mentioned problem a research was carried out in the current legislation, based on the standard the fire and panic prevention systems were designed for a school building, aiming at the safety of its users.

**Keywords:** Fire. Fire Prevention. School.

## INTRODUÇÃO

O fogo surgiu na pré-história quando o homem começou a utilizar como parte de sua vida, no cozimento dos seus alimentos, no aquecimento das cavernas e iluminação, tornando-se um elemento básico para a sobrevivência do homem (COSTA, 2018).

Por sua vez, o fogo proporciona descobertas e avanços, mas quando fora de controle, pode destruir tudo ao seu redor, denominando-se um incêndio. Seus impactos são destruidores, tanto na perda do patrimônio quanto em vidas humanas (SILVA, 2014).

De acordo com Gomes (1998) o incêndio é apontado como um grande mal a humanidade, em quase todas as vezes ele pode ser evitado. Mas ainda ocorre circunstâncias indesejáveis para sua extinção. O que se pode fazer é evitar o princípio do fogo. Para isso os órgãos governamentais e instituições vem se movimentando para a batalha contra o incêndio, criando leis e normas de prevenção de incêndio.

As pessoas devem ter condições para poder evacuar a área com toda a segurança, para que isso ocorra são necessários que os engenheiros desenvolvam projetos adequados para a retirada de forma rápida e segura (COSTA, 2018).

A prevenção deve começar na fase de elaboração do projeto da edificação,

---

juntamente com a escolha dos materiais a serem usados, para que não se tenha condições propícias do seu início. O projeto de preventivo contra incêndio tem por objetivo principal em prevenir o incêndio, ou seja, ele previne e contém soluções necessárias caso venha acontecer (SILVA, 2014).

Todas as edificações, tanto existentes quanto a serem executadas devem possuir um projeto de prevenção contra incêndio eficaz, de modo que possa ser evitado algum possível sinistro. Nas edificações existentes deve ser analisado possíveis pontos de melhoria, baseado em normas regulamentadoras, para que se tenha um ambiente seguro (IN 05, CORPO DE BOMBEIROS MILITARES DE SANTA CATARIANA - CBMSC, 2015).

Sendo assim, questiona-se: A Escola em estudo localizada no município de Pinheiro Preto, na qual comporta grande quantidade de estudantes, está de acordo com o Corpo de Bombeiros de Santa Catarina em relação ao projeto preventivo contra incêndio?

Devido a necessidade de proporcionar maior segurança aos usuários e adequação e regularização das edificações é necessário elaborar um projeto com base nas Instruções Normativas (IN) do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina e as Normas Brasileiras (NBR), bem como proteger os alunos e funcionários e zelar o patrimônio. O projeto preventivo contra incêndio deve ser elaborado por um profissional qualificado com conhecimento das normas.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é indicar os sistemas necessários para a elaboração do projeto de Prevenção Contra Incêndio em uma escola no Município de Pinheiro Preto, atendendo as Normas e as Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina.

Em decorrência do objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Fazer pesquisa bibliográfica das leis e normas relativas a prevenção de incêndio em edificações escolares
- b) Demonstrar os equipamentos preventivos exigidos, cálculo de público máximo na edificação, cálculo de saídas de emergência, cálculo de carga de fogo;

---

O presente trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica, baseada em artigos, livros e resenhas de diversos autores, bem como consultas a normas e leis

## DESENVOLVIMENTO

### REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor entender o tema prevenção e combate a incêndio, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre o fogo e seus elementos, incêndio, métodos de extinção, as classes do incêndio, procedimentos para evacuação dos locais e alarmes.

#### Definição do Fogo

Para haver o fogo, precisa um conjunto de componentes, oxigênio, calor e combustível, formando um triângulo, onde cada componente forma um dos seus lados (BAROLI, 1975).

Mais um elemento foi acrescentado ao triângulo do fogo, a reação em cadeia, formando assim tetraedro ou quadrado do fogo.

De acordo com Seito (2008) os quatro elementos devem estar ligados para que se mantenha o fogo. A reação em cadeia, o processo já foi iniciado, os combustíveis quando estão na fase de combustão, irá produzir ainda mais calor, na qual darão continuidade a combustão.

Para Baroli (1975) se um destes elementos for eliminado, o triângulo deixará de existir, ou seja será extinto o fogo. Este é o princípio básico do combate de incêndios.

#### Incêndio

Existem várias definições de incêndio, sendo uma delas a NBR 13860, define: “O incêndio é o fogo fora de controle”. No campo internacional a ISO 8421-1 define: “Incêndio a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço” (SEITO, 2008).

O resultado da queima do material, o incêndio produz gases, chamas,

---

fumaça, estas substâncias são prejudiciais a saúde do ser humano, sendo capaz de provocar queimaduras, lesões no aparelho respiratório, devido a liberação dos gases (SEITO, 2008).

### Classificações do incêndio

São classificados de acordo com as características dos materiais envolvidos, em maior ou menor quantidade. Com o conhecimento do material que está queimando podemos determinar o agente extintor para cada incêndio que seja segura e rápida (SILVA, 2014).

Segundo Gomes (1998), eles são classificados de acordo com a natureza e a quantidade de material presente nas regiões que serão favorecidas. Eles são divididos em classes de A à D para melhor entendimento.

De acordo com Baroli (1975) as classificações são divididas em classes:

- a) Classe A: Na primeira classe, comumente conhecida como classe “A”, enquadram-se os incêndios em materiais que, ao se queimarem, deixam resíduos, como papel, o algodão, a madeira e outros. Para esta classe de incêndio é necessário o uso de um extintor que tenha poder de penetração e que elimine ou reduza o calor existente. A água é o principal agente extintor, eliminando o fogo por resfriamento. Os extintores portáteis recomendados são o Carga Líquida e Água com CO<sub>2</sub>;
- b) Classe B: Na segunda classe, ou “B”, são classificados os materiais que, ao se queimarem, não deixam resíduos, como acontece com os líquidos inflamáveis em geral, tintas, óleos e graxas. A técnica na extinção de incêndios pertencentes à classe “B” requer o uso de um extintor que possa agir por abafamento ou, melhor, que elimine oxigênio. Os extintores indicados são os de Espuma, Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) e Pó Seco;
- c) Classe C: A terceira classe, ou “C”, envolve os incêndios em equipamentos elétricos ligados e que exigem um tipo de extintor que não seja condutor de eletricidade, sendo recomendados os extintores de Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) ou Pó Seco;
- d) Classe D: Nesta classe estão incluídos os incêndios em metais pirofóricos e que exigem agentes especiais para a extinção. Esses agentes extintores têm

---

a propriedade de se fundirem em contato com o metal combustível, formando uma capa que o isola do ar, interrompendo a combustão.

### **Fatores que influenciam o incêndio**

Existem vários fatores que influenciam o incêndio, são determinados a cada tipo de edifício, e as exigências da segurança são feitas em função da classificação de cada edifício (SILVA, 2014).

De acordo com Júnior (2016), as características que determinam o risco de incêndio são três:

- a) Tipos de ocupação: tipo de atividade desenvolvida (residenciais, comerciais, industriais, entre outros);
- b) Altura da edificação: quanto maior a altura, as exigências são maiores quanto a segurança, devido à dificuldade de evacuação das pessoas;
- c) Carga de incêndio: é utilizado pelo corpo de bombeiros para identificar qual é o risco de incêndio em uma edificação, conforme a ocupação e o uso do específico.

### **Métodos de extinção de fogo**

Os métodos de extinção de fogo têm por finalidade extinguir ou controlar o fogo. Os métodos de extinção visam desmontar o triângulo de fogo, ou seja, eliminando um destes três elementos essenciais, teremos a interrupção da combustão.

Segundo Gomes (1998) para extinção de fogo tem-se três métodos básicos:

- a) Resfriamento: este método tem por finalidade reduzir o calor do material que está em combustão, impedindo que o fogo avance. O agente mais utilizado para este método é água, aplicado em forma de neblina;
- b) Abafamento: consiste em impedir a presença de oxigênio do ambiente com o material combustível. São utilizadas várias matérias para abafamento, dentre as quais o mesmo impeça a entrada de oxigênio. Alguns materiais como, manta, cobertores, areia, espumas, gases especiais, pós, vapor d' água, entre outros;

- 
- c) Processos Químicos: processo que utiliza substâncias químicas, que tem por finalidade interromper o fenômeno do fogo, que consiste na aplicação do produto químico e efetue a interrupção, ou seja a combustão será extinta. Um exemplo de extintor de pó químico seco, quando aplicado sobre o material em queima, interrompem a combustão.

### **Breve Histórico da Segurança Contra Incêndio no Brasil**

No Brasil até no início dos anos 70 do século passado, a segurança contra incêndio era vista como segundo plano, era algo que se adequava ao corpo de bombeiro. A regulamentação era bastante dispersa, onde era composto pelo código de obras dos municípios, assim como a ABNT se envolvia na fiscalização da produção dos extintores. Não havia norma regulamentadoras sobre saídas de emergência, rotas de fuga, iluminação, sinalização (SILVA, 2012).

Após os grandes incêndios acontecidos no Brasil, começou a se dar importância a prevenção contra incêndio, onde começaram a criar as legislações no país (SEITO, 2008).

O primeiro grande incêndio no Brasil, ocorreu em 17 de dezembro de 1961, na cidade de Niterói no Rio de Janeiro, no Gran Circo Norte- Americano onde se resultou em o maior incêndio em perda de vida. O resultado foi 250 mortos e 400 feridos. Vinte minutos após o término da apresentação do circo, o incêndio tomou conta na lona, o toldo em chamas caiu sobre as dois mil e quinhentas pessoas em forma de gotas de fogo. As pessoas morreram queimadas e pisoteadas, devido à ausência de saídas de emergência ou sinalização, e nenhuma pessoa treinada para orientação das saídas dos espectadores. O incêndio teve causas criminosas (SILVA, 2012).

A revolução nesta área de construção civil só veio depois de dois grandes incêndios. O primeiro incêndio em prédios ocorreu em 24 de fevereiro de 1972 no edifício Andrus na Avenida São Paulo, em São Paulo. O edifício era comercial composto por 31 andares, estruturas de concreto e acabamento em vidro. No térreo tinha uma loja de departamentos, acreditasse que o incêndio tenha começado em cartazes de publicidade desta loja. O resultado do incêndio foram 16 pessoas mortas e 336 feridos. O edifício não possuía sistema de combate ao fogo, hidrantes, escadas de incêndio, e nem sequer extintores nos corredores (SILVA, 2012).

---

O segundo incêndio ocorreu em 1 de fevereiro de 1974 no edifício Joelma, localizado na Praça da Bandeira em São Paulo, de 23 andares de estacionamento e escritórios. Do incêndio resultou em 179 mortos e 320 feridas. O mesmo não possui escada de segurança, saídas de emergência (SILVA, 2012).

Entre o incêndio mais recente não podemos esquecer a maior tragédia do Rio Grande Sul, no dia 27 de janeiro de 2013, na Boate Kiss em Santa Maria, no qual resultou em uma grande tragédia. A boate tinha aproximadamente uma área de 615m<sup>2</sup> com uma capacidade de 700 pessoas, mas estava lotada com 1.200 pessoas aproximadamente. Resultou em 242 jovens mortos e 680 feridas. Sendo a maioria dos mortos constituídas por estudantes. Não havia saídas de emergência, os sistemas de ar não estavam funcionando adequadamente, a perícia também destacou que faltava itens de segurança como luzes de emergência, chuveiros automáticos (ATIYEH, 2012).

### **Legislação e Normalização Brasileira**

Após o incêndio do edifício Andrus, e do Joelma, foram reformulados a regulamentação sobre a segurança contra incêndio no Brasil (SILVA, 2014).

Uma semana depois do edifício Joelma, a prefeitura municipal de São Paulo editou o Decreto Municipal nº10.878, “ institui normas especiais para a segurança dos edifícios a serem observados na elaboração do projeto, na execução, bem como no equipamento, e dispõe ainda sobre sua aplicação em caráter prioritário” (SILVA, 2014).

Segundo Silva (2014, p. 23):

O objetivo das regulamentações modernas de segurança contra incêndio é a proteção à vida e evitar que os incêndios, caso de iniciem, se propaguem para fora de um comportamento de um edifício. Como consequência, o prejuízo patrimonial também é reduzido.

Atualmente no Brasil os estados possuem leis específicas sobre a segurança contra incêndio. Em alguns estados brasileiros tem decretos associados a Instruções Normativas dos Corpos de Bombeiros (IN), onde fornecem as recomendações e exigências necessárias para o sistema de segurança contra incêndio. Quando o estado não conter as Instruções Normativas utiliza-se as Normas Brasileiras - ABNT (JUNIOR, 2016).

Em Santa Catarina a legislação está no Decreto Estadual nº 4.909, de 18 outubro de 1994 que traz a NSCI - Normas de Segurança Contra Incêndios, “As normas têm por finalidade fixar os requisitos mínimos exigidos nas edificações e no exercício de atividades profissionais, estabelecendo especificações para a segurança contra incêndios no Estado de Santa Catarina” (DECRETO ESTADUAL Nº 4.909, SANTA CATARINA, 1994).

## METODOLOGIA E MATERIAL

### Escola de Pinheiro Preto

Com o aumento de alunos em 1964 criou-se um grupo escola, este grupo funcionou até 1970. Em 31 de julho de 1981 foi criada a Escola Básica Professora Maura de Senna Pereira no Município de Pinheiro Preto, onde até hoje encontra-se instalada na mesma edificação.



Figura 1 – Escola Pinheiro Preto

Fonte: O próprio autor (2018)

A escola consta-se com 184 alunos de 6º a 9º série do ensino fundamental, e 118 alunos de Ensino médio, num total de 302 alunos. Onde funciona em 3 turnos, matutinos, vespertinos e noturnos. A escola conta ainda com 24 professores, 2 setores administrativo, 3 serventes, 2 cozinheiras, sendo o total de 31 funcionários.

A escola está localizada na Rua Oclides Scortegagna, nº 55, no centro de

Pinheiro Preto, estado de Santa Catarina e, pertence a rede pública estadual.



Figura 2 – Localização da Escola Pinheiro Preto

Fonte: Google maps (2018)

A escola possui uma área construída de 1.354,98 metros quadrados, distribuídos em pátios, banheiros, sala de aula, laboratório de informática, biblioteca e outros.

Dentro da classificação do imóvel que está descrita na IN 001, a escola está classificada como ambiente escolar geral e através desta classificação, determinamos os sistemas de medidas de segurança contra incêndio (IN 001, CBMSC, 2015).

Baseado na classificação do imóvel, começamos a caracterizar os itens descritos na legislação do estado de Santa Catarina pelo Corpo de Bombeiros, para o projeto preventivo contra incêndio da escola no Município de Pinheiro Preto. São os seguintes itens, carga de incêndio, plano de emergência, saídas de emergência, instalação de gás combustível, Sistema Preventivo por Extintores, Sistema de Iluminação de Emergência, Sinalização para Abandono de Local, Materiais de Acabamento e Revestimento, Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, Sistema Hidráulico Preventivo.

---

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Será descrito os detalhamentos e especificações das instalações e das medidas de segurança contra incêndio e pânico na Escola do município de Pinheiro Preto de acordo com a atividade técnica (IN 001, CBMSC, 2015).

### CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O projeto de prevenção contra incêndio e pânico tem como objetivo a classificação de risco que a edificação representa de acordo com:

- Classificação: Escolar Geral (IN 001, CBMSC, 2015);
- Número de pavimentos: 1 pavimento;
- Área total construída: 1354,98 m<sup>2</sup>;
- Altura da edificação: 3,00 m;
- Capacidade de público: 350 pessoas;
- Ano de construção: 1981 (informações colhidas com o diretor da escola).

Características da edificação escolar:

- Estrutura: Concreto e Alvenaria;
- Divisão interna: Alvenaria;
- Cobertura: Estrutura de madeira e telhas de fibrocimento;
- Piso: Cerâmico e Tacos;
- Esquadrias: Ferro;
- Forro: Madeira e PVC.

### CÁLCULO DA CARGA DE FOGO

De acordo com a IN 01 (CBMSC, 2015) a edificação é classificada como ocupação Escolar Geral, sendo constituída por um pavimento, em uma área total de 1354,98 m<sup>2</sup>. Será realizado cálculo de carga de incêndio de acordo com a IN 003 (CBMSC, 2014).

A carga de incêndio encontrada foi de 46,95 kg/m<sup>2</sup>, onde a escola se

---

enquadra em Risco Leve (carga de incêndio ideal menor do que 60 kgm<sup>2</sup>), de acordo com a IN 003 (CBMSC, 2014).

## SISTEMAS E MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

De acordo com a IN 001 (CBMSC, 2015) os imóveis com ocupação Escolar Geral, deve possuir os seguintes sistemas e medidas de segurança com contra incêndio e pânico: Proteção por Extintores; Saídas de Emergência; Instalação de Gás Combustível; Iluminação de emergência e sinalização para abandono do local nas áreas de circulação, nas saídas de emergência e nos elevadores; Matérias de acabamento e Revestimento; Sistema Hidráulico Preventivo; Plano de emergência; Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

O projeto de prevenção e segurança contra incêndio e pânico (PPCI) do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) deve ser elaborado conforme as especificações técnicas da NBR 5419 (ABNT, 1993) e NBR 5410 (ABNT, 1990) que visa dar segurança as pessoas, estruturas, equipamentos e instalações internas e externas. De acordo com a normativa nº 070 (CONFEA, 2001) que irá dimensionar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) serão os engenheiros eletricitas

## PROTEÇÃO POR EXTINTORES

Serão utilizadas unidades extintoras de pó químico (PQS) com capacidade de 4 kg, totalizando cinco unidades. São aparelhos portáteis, com acionamento manual que contém o agente extintor no seu interior.

Os extintores portáteis serão afixados nas paredes de maneira que sua laça de transporte esteja, no máximo, 1,60m acima do piso acabado (IN 006, CBMSC, 2017). Para a sinalização da parede, deve ser previsto sobre o extintor uma seta vermelha com bordas em amarelo, contendo a inscrição "EXTINTOR". Para a sinalização de coluna, deve ser previsto sobre o extintor uma faixa vermelha com bordas em amarelo, contendo a letra "E" em negrito, em todas as faces da coluna. Para a sinalização do piso, deve ser previsto sob o extintor um quadrado com 100 cm de lado na cor vermelha, com bordas pintadas na cor amarela com 10 cm (IN 006, CBMSC, 2017).

---

O número e a posição dos extintores estão dimensionados de forma que seus usuários não percorram mais que 30m para alçar o dispositivo de segurança, de acordo com a IN 006 (CBMSC, 2017), sendo o caminhamento máximo que o operador deve percorrer no risco leve.

## SAÍDAS DE EMERGÊNCIA

As saídas de emergência devem ter condições mínimas para que a população possa abandoná-las, em caso de incêndio, protegendo a sua integridade física, permitindo fácil acesso de auxílio (bombeiros) para o combate do fogo e a retirada das mesmas (IN 009, CBMSC, 2014).

As saídas de emergência das edificações serão sinalizadas com indicação clara do sentido saída. O caminhamento máximo a ser percorrido que possui o mesmo nível do logradouro público será sem restrição de caminhamento, devendo todo o ambiente ser dotado de iluminação de emergência e sinalização para o abandono conforme o detalhamento em projeto. De acordo com a IN 005 para edificações existentes não é necessário uma segunda saída de emergência por se tratar de uma edificação térrea (CBMSC, 2015).

## INSTALAÇÃO DE GÁS COMBUSTÍVEL

De acordo com IN 008 a área de locação dos recipientes de GLP, devem possuir a seguinte sinalização: placa com inscrição “CUIDADO CENTRAL DE GÁS”. As placas devem ser locadas de tal modo que possam ser visualizadas de qualquer direção de acesso aos recipientes (CBMSC, 2018). Adotou-se 1 recipientes de 45 kg (P-45) e mais 1 recipientes reservas de 45 kg (P-45).

Todos os locais que fizerem uso de queima de gás devem possuir aberturas de ventilação permanente superior e inferior conforme previsto na IN 008 (CBMSC, 2018). As aberturas de ventilação permanente superior e inferior elas devem e comunicar com área externa, através de uma parede.

## ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

O sistema será composto por blocos autônomos de LED com fonte própria de energia obedecendo aos níveis de iluminância exigida na IN 011 (CBMSC, 2017),

---

locados conforme o Apêndice A.

O sistema de iluminação de emergência terá uma autonomia mínima de 1 hora de funcionamento, garantida durante este período a intensidade dos pontos de luz de maneira a respeitar os níveis mínimos de iluminação desejados. A iluminação de emergência garantirá um nível mínimo de iluminação a nível do piso, de (IN 011, CBMSC, 2017):

- a) 5 lux: em locais com desníveis (escadas, rampas ou passagens com obstáculos) ou de reunião de público com concentração;
- b) 3 lux: em locais planos (corredores, halls, áreas de refúgio, salas, etc);).

A iluminação de emergência não poderá deixar sombras nos degraus das escadas e nos obstáculos. A iluminação permitirá o reconhecimento dos obstáculos que possam dificultar a circulação, tais como: grades, portas, saídas, mudanças de direção, etc. A altura máxima de instalação dos pontos de iluminação de emergência é imediatamente acima das aberturas dos ambientes (portas, janelas ou elementos vazados) (IN 011, CBMSC, 2017).

#### SINALIZAÇÃO PARA ABANDONO DO LOCAL

A sinalização de abandono de local deverá seguir o que está previsto na IN 013 (CBMSC, 2017), a placa deverá conter a palavra “SAIDA” podendo ser acompanhada por simbologia, possuir seta direcional junto a mensagem “SAIDA”, possuir fundo na cor verde e possuir mensagens e símbolos na cor branca com efeito fotoluminescente. À distância em linha reta entre dois pontos de sinalização, não pode ser maior de 15m. A autonomia mínima do sistema e de uma hora. A altura máxima da instalação e imediatamente acima das aberturas do ambiente (portas, janelas ou elementos vazados) (IN 013, CBMSC, 2017).

#### MATERIAIS DE ACABAMENTO E REVESTIMENTO

A IN 018 (CBMSC, 2016), descreve a especificações mínimas para os materiais de acabamento e revestimento utilizados na escola, para prevenir acidentes e restringir a propagação do fogo e o volume da fumaça. Os revestimentos de parede, divisória, teto, forro, decoração e material termo acústico devem ser,

---

incombustível, retardante ou não propagante ao fogo.

O projeto deve constar as plantas baixas/cortes dos ambientes, a localização, os tipos de propriedades dos materiais de acabamento, de revestimento, de decoração e de tratamento termo-acustico utilizados (IN 018, CBMSC, 2016).

De acordo com informações colhidas com a direção da escola a edificação foi construída no ano de 1981, são realizadas manutenções para conservação da escola. Na escola serão utilizadas tintas retardantes, ou seja, são produtos resistentes as ações de fogo para propiciar uma maior proteção no caso de incêndios, um acabamento à base de resina alquídica modificada, a tinta oferece proteção e retardo do fogo em superfícies de metal e madeira, caso venha a ocorrer algum incêndio, garantindo segurança as pessoas em rota de fuga e as estruturas (STATIC, 2018).

#### SISTEMA HIDRÁULICO PREVENTIVO

A escola é uma edificação que possui uma área maior que 750 m<sup>2</sup>, sendo assim o sistema hidráulico passara a ser obrigatório dimensionamento utilizaremos a IN 007 (CBMSC, 2017), trata-se de uma edificação já existente utilizaremos informações como base da IN 005 (CBMSC, 2015).

Dimensionamento do sistema hidráulico preventivo:

- a) Risco: leve
- b) Área total construída: 1354,98 m<sup>2</sup>
- c) Esquema isométrico
- d) Número de hidrantes: 03
- e) Tipo da tubulação: aço galvanizado (AG)
- f) Diâmetro da tubulação: 2 ½
- g) Comprimento mangueira: 2 lances de 15m de 1 ½
- h) Requite: diâmetro 13 mm
- i) H: 4 m.c.a

De acordo com a IN 007 (CBMSC, 2017) o volume da água da RTI (Reserva Técnica de Incêndio) é em função da classificação do risco de incêndio e a área total

---

do imóvel construído, a escola possui risco leve, com uma área construída de 1354,98 m<sup>2</sup>, conforme a IN 007 a RTI mínima de volume de água é de 5000 litros. A escola possui um reservatório superior em fibra com uma capacidade de 10 m<sup>3</sup> de água, onde utilizaremos para RTI e restante do reservatório para consumo pessoal. O reservatório ele tem que garantir a proteção do fogo, no mínimo, por 02 horas. A tubulação de saída do reservatório deve ser dotada por um registro de gaveta e de válvula de retenção (IN 007, CBMSC, 2017).

A tubulação do SHP (Sistema Hidráulico Preventivo) a ser instalada será de aço galvanizado com diâmetro de 65 mm (2 ½ “). A Resistência mínima da tubulação do sistema deve ser de 150 m.c.a (15Kgf/cm<sup>2</sup>). Os registros e as conexões serão de bronze, elas também devem suportar a pressão mínima prevista para a canalização. As tubulações e conexões e válvulas do SHP, quando aparentes, devem ser pintadas de cor vermelha (IN 007, CBMSC, 2017).

O sistema será composto por 03 (três) hidrantes de paredes e 01 (um) hidrante de recalque. O hidrante de recalque a ser locado na calçada da entrada principal da edificação.

O abrigo das mangueiras de cada hidrante, onde as portas devem ser em vidros temperados, com a inscrição de “INCÊNDIO” em letras vermelhas. Cada abrigo deverá conter duas mangueiras de 15m. É proibido depositar materiais que dificultam o uso dos hidrantes, instalar em rampas, escadas, antecâmaras e seus patamares (IN 007, CBMSC, 2017).

A localização do hidrante de recalque sempre deve permitir o livre acesso e aproximação do caminhão de combate a incêndio do corpo de bombeiros, a partir do logradouro público, sem existir qualquer tipo de obstáculo que dificulte o seu uso e sua localização (IN 007, CBMSC, 2017).

## PLANO DE EMERGÊNCIA

A planta de emergência está descrita na IN 031 (CBMSC, 2014), na qual visa facilitar o reconhecimento do local por parte da população da edificação e das equipes de resgates. As plantas de emergências devem ser fixadas atrás das portas dos ambientes com altura de 1,7m sendo quando os ambientes tiverem portas que permaneçam abertas, a planta deverá ser fixada na parede ao lado desta.

---

## CONCLUSÃO

Na história da humanidade muitos incêndios ocorrem em edificações, onde grande parte dos ocupantes ficaram feridos e outros aos óbitos. Maior parte destes sinistros foram ocasionados devido a construções mal projetadas. Acidentes estes que poderiam ser evitados se fosse elaborado e executado um projeto preventivo contra incêndio e pânico.

Levando em consideração as edificações que possuem PPCI, onde as mesmas oferecem aos seus usuários maior segurança, caso venha a ocorrer algum princípio ou até mesmo um incêndio, para que seus ocupantes venham a evacuar de forma rápida e segura. Verificou-se a necessidade de elaborar um projeto preventivo contra incêndio na Escola do município de Pinheiro Preto.

A partir do problema mencionado, quanto a segurança contra incêndio na escola de Pinheiro Preto, foi realizado um estudo da legislação vigente do estado de Santa Catarina, para locais onde as crianças e professores se reúnem, a escola, dentro da vigência foi verificado quanto as exigências necessárias para este tipo de edificação.

Foram dimensionados os sistemas de acordo com as normas e leis vigentes do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina tais como: SHP (sistema hidráulico preventivo), sistemas de saídas de emergência, matérias de decoração e revestimento, proteção de extintores, sistemas de iluminação de emergência, plano de emergência, sinalização para abandono do local, instalação do gás combustível, estes sistemas citados visam facilitar a evacuação dos usuários caso venha ocorrer algum tipo de sinistro e proteção do patrimônio. O sistema de proteção atmosférica contra descargas atmosféricas (SPDA), este será dimensionado pelo um engenheiro eletricista.

Como se pode constatar o projeto de prevenção contra incêndio e pânico ele visa garantir a prevenção de vida, ou seja a escola ela está preocupada com a segurança de seus alunos e funcionários que frequentam o seu estabelecimento.

## REFERÊNCIAS

AERONAUTICA, Cultura. **Resgate aéreo dramático o incêndio**. Disponível em: <  
<http://culturaaeronautica.blogspot.com.br/2013/01/resgate-aereo-dramatico-o->

---

incendio-do.html >. Acesso em: 17 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13860**: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.

ATIYEH, Bishara. **Desastre na boate kiss, Brasil**. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-51752012000400003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-51752012000400003) >. Acesso em: 18 mar. 2018. BAROLI, Gildo. **Princípios de prevenção de incêndios**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1975.

BAROLI, Gildo. **Princípios de prevenção de incêndios**. 2. Ed. São Paulo, Atlas, 1975.

BERG, Bushcraft. **Triângulo do fogo**. Disponível em: <  
<http://bushcraftberg.blogspot.com.br/2014/03/triangulo-do-fogo.html> >. Acesso em: 15 fev. 2018.

CAMAQUA, Bombeiros. **Classificação dos extintores**. Disponível em: <  
<http://bombeiros Camaqua.blogstop.com.br/2013/01/classificacao-dos-extintores.html> >. Acesso em: 26 fev. 2018.

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 001**: Da Atividade Técnica. Santa Catarina, 2015.

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 003**: Carga de Incêndio. Santa Catarina, 2014.

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 006**: Sistema Preventivo por Extintores. Santa Catarina, 2017

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 007**: Sistema Hidráulico Preventivo. Santa Catarina, 2017

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 008**: Instalação de Gás Combustível (GLP e GN). Santa Catarina, 2018

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 009**: Sistema de Saídas de Emergência. Santa Catarina, 2014

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 010**: Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Santa Catarina, 2018

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 011**: Sistema de Iluminação de Emergência. Santa Catarina, 2017

---

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 013:** Sinalização para Abandono de Local. Santa Catarina, 2017

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 018:** Controle de Materias de Revestimento e Acabamento. Santa Catarina, 2016

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **IN 031:** Plano de Emergência. Santa Catarina, 2014

COSTA, Leticia. **Seminário prevenção contra incêndio.** Disponível em: < <https://www.slideshare.net/LeticiaCosta2/seminrio-preveno-contra-incndio> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

GLOBO, Extra. **Incêndio na boate kiss em santa maria pode ser segundo maior da história do brasil depois da tragédia do gran circo americano no Niterói.** Disponível em: < <https://extra.globo.com/noticias/brasil/incendio-na-boate-kiss-em-santa-maria-pode-ser-segundo-maior-da-historia-no-brasil-depois-da-tragedia-do-gran-circo-americano-em-niteroi-7408875.html> >. Acesso em: 17 mar. 2018.

GOMES, Ary Gonçalves. **Sistemas de prevenção contra incêndios.** Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GRAY, Peter. **Breve história da educação da escola.** Disponível em: < <http://educacaointegral.org.br/reportagens/uma-breve-historia-da-educacao-da-escola/> >. Acesso em: 08 mai. 2018.

JUNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura.** 10. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

**Google Maps** (2018), Mapas. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-27.0445583,-51.2287571,273m/data=!3m1!1e3> > Acesso em: 05 mai.2018.

NETO, Manoel Altivo da Luz. **Condições de segurança contra incêndio.** Brasília: Ministério da Saúde, 1995.

NEWS, Campo Grande. **Incêndio na boate kiss.** Disponível em: < <https://www.campograndenews.com.br/cidades/incendio-na-boate-kiss-matou-uma-de-ms-e-mudou-postura-dos-bombeiros> >. Acesso em: 18 mar. 2018.

TRABALHO, Curso Segurança do. **Fogo e o tetraedro do fogo.** Disponível em: < <http://cursosegurançadotrabalho.net/2013/09/Fogo-e-o-tetraedro-do-fogo.html> >. Acesso em: 15 fev. 2018.

---

TRABALHO, Curso Segurança do. **Extinção do fogo e combate ao incêndio.**

Disponível em: < <http://cursosegurancadotrabalho.net/2013/09/extincao-do-fogo-e-combate-ao-incendio.html> >. Acesso em: 27 mar. 2018.

SANTA CATARINA. **Decreto Estadual nº 4.909**, de 18 Out 1994 - Normas de Segurança Contra Incêndios. Disponível em: < [http://www.cbm.sc.gov.br/dat/nsci/NSCI\\_94\\_-\\_Ate\\_CAP\\_IV.pdf](http://www.cbm.sc.gov.br/dat/nsci/NSCI_94_-_Ate_CAP_IV.pdf) >. Acesso em: 22 mar. 2018.

# DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE AMBIENTE

## INDUSTRIAL POR ASPERSÃO DE ÁGUA NO TELHADO

*DIMENSIONING OF AN INDUSTRIAL ENVIRONMENT COOLING SYSTEM BY WATER*

*SPRINKLING ON THE ROOF*

Vagueme de Jesus Fernandes<sup>1</sup>

Marcio Takahashi Kawamura<sup>2</sup>

### RESUMO

A acirrada competição entre as empresas vem forçando-as a buscar fortemente aperfeiçoar seus recursos, seja reduzindo custos, seja otimizando os processos. Sendo o homem seu principal ativo e responsável direto seu resultado, criar condições propícias para que este produza é fundamental. Neste contexto o projeto de refrigeração do ambiente industrial vem de encontro a essa necessidade. O projeto visa a reduzir as temperaturas extremas do verão, utilizando o telhado de aço galvanizado como um trocador de calor, pela aspersão e evaporação de água, que impede a transferência de calor produzido pela radiação solar e calor produzido internamente em um Galpão de processo industrial superaqueça o ambiente interno, e crie um ambiente insalubre e desconfortável aos trabalhadores. O projeto aproveita a pluviometria da região, com a captação, tratamento e armazenamento de água da chuva, sistema de bombeamento otimizado, encanamentos e aspersores de irrigação para a distribuição homogênea da água na área de telhado para a realização da troca térmica.

**Palavras-Chave:** Conforto Térmico. Stress Térmico. Bombas Centrífugas. Dimensionamento de Tubulações.

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Mecânica, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). E-mail: [vagueme@hotmail.com](mailto:vagueme@hotmail.com).

<sup>2</sup> Orientador. Possui mestrado em Desenvolvimento e Sociedade, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Docente do Curso de Engenharia Mecânica na Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP)

---

## ABSTRACT

The fierce competition between companies has forced them to strongly improve its resources, either by reducing costs, or optimizing processes. Since the man is the main asset and directly responsible for its outcome, create propitious conditions for him to produce is key. In this context, the industrial environment cooling project come to meet that need. The project aims to reduce extreme summer temperatures by using galvanized steel roof as a heat exchanger by spraying and evaporating water which prevents the transfer of heat produced by solar radiation and internal factory heat, preventing an unhealthy and uncomfortable environment for workers. The project takes advantage of the rainfall in the region, collecting, treating, storing rainwater, optimized pumping system, pipelines and irrigation sprinklers for the homogeneous distribution of water in the roof area for the realization of thermal exchange.

**Keywords:** Thermal Comfort; Thermal Stress; Centrifugal pumps; Pipes Sizing.

## INTRODUÇÃO

Um fator de relevante importância para o bom desempenho do trabalhador é a temperatura. De acordo com Frota (2001), o homem é um ser homeotérmico e suas necessidades de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento do organismo, que pode ser comparado a uma máquina térmica que aquece de acordo sua atividade e, precisa liberar esse calor, o suficiente para que sua temperatura interna se mantenha próximo de 37°C. Sua energia é conseguida através de fenômenos termoquímicos. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo esse processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos, denominado de metabolismo. O calor produzido e dissipado depende da atividade que o indivíduo desenvolve. Em repouso absoluto, o calor dissipado pelo corpo e cedido ao ambiente é aproximadamente 75 W e pode chegar, em plena atividade, a 1000W. Quando o calor produzido é maior que o calor dissipado, o corpo humano reage com mecanismos de termo regulação, ou seja, pelo suor, vasodilatação e termólise: que é a redução nos processos internos de combustão química no corpo.

Lamberts (2011), salienta que embora estudos não sejam conclusivos, a performance humana se mostra claramente reduzida sob a ação do calor e que as atividades intelectuais, manuais e perceptivas, geralmente apresentam um

rendimento melhor quando realizadas em conforto térmico, ou seja, todo o calor produzido pelo organismo precisa ser trocado com o ambiente, não havendo nem acúmulo e nem perda excessiva do mesmo, evitando-se, assim, os perigos do *stress* térmico. Para pessoas com vestimentas normais de trabalho a temperatura de equilíbrio se situa entre 23 a 27°C. Nos ambientes, em questão, nos dias mais quentes do ano temperaturas de até 40°C e acima, são comuns e podem levar ao *stress* térmico, a figura 1 ilustra o aquecimento do telhado sem refrigeração.



Figura 1 - Cobertura sem Refrigeração

De acordo com Nascimento (2005), a climatização de ambientes industriais, onde há grande geração de calor e grandes espaços abertos inviabilizam o uso de ar condicionado, pelo custo de implementação e manutenção, assim, a alternativa mais viável é o resfriamento evaporativo, pela facilidade de instalação e baixo custo de manutenção, tendo como únicos pré-requisitos um suprimento de energia e uma fonte de água fria, suficientes para atender a demanda do sistema de troca térmica. O processo de refrigeração por aspersão de água em telhados, é conhecido e utilizado já a muito tempo, neste sistema, a água extrai calor do ambiente através da evaporação, neste processo ela absorve aproximadamente 2.400kJ/kg de calor para passar do estado líquido para gasoso a temperatura ambiente. Quando a água, aspergida, toca o telhado quente, evapora, isto é, muda de líquido para vapor, eliminando o calor que entraria no ambiente interno vindo da radiação solar e conduzindo o calor que é produzido internamente para o ar no ambiente externo, reduzindo assim a temperatura do ambiente interno.

O sistema de refrigeração de telhado utiliza micro nebulizadores que precisam ser distribuídos em um espaçamento dimensionado de tal forma a atender

---

toda a área a ser refrigerada, tornando esse telhado um trocador de calor, de tal forma que o telhado se mantenha úmido, sem que a água escorra, provocando o máximo de efeito evaporativo pelo volume d'água aplicado, reduzindo a temperatura do telhado, reduz a condução do calor, advindo da radiação solar, para o ambiente interno, assim como, auxilia na remoção do calor gerado internamente pelas pessoas, equipamentos e iluminação, resultando numa redução na sensação de abafamento na época mais quente do ano.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste contexto, buscando minimizar os efeitos negativos, decorrentes da temperatura e, tornar o ambiente de trabalho mais confortável e seguro aos trabalhadores e, preservar os equipamentos, este estudo pretende viabilizar a instalação de um sistema de refrigeração no telhado, a fim de retirar o excesso de calor deste ambiente. Foi realizada uma pesquisa técnica referente ao sistema de refrigeração evaporativa em funcionamento e evidenciou-se que esse sistema se encontra instalado e funcionando em diversas empresas, bem como, tem fornecedores confiáveis no mercado. O objetivo de da pesquisa é viabilizar a instalação do sistema de refrigeração por aspersão e evaporação de água no telhado para aumentar o nível de conforto térmico dos trabalhadores e evitar o stress térmico. O projeto do sistema de refrigeração por aspersão de água no telhado prevê o levantamento das cargas térmicas de aquecimento, área de troca térmica, volume de água para troca térmica, dimensionamento dos nebulizadores e tubulações e bombas.

### CARGA TÉRMICA DE AQUECIMENTO

Frota (2001) destaca que as exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas com o funcionamento de seu organismo, que de maneira simplista, pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor de acordo com a intensidade de sua atividade. O calor gerado pelos trabalhadores será a soma do calor latente e calor sensível que de modo geral, um trabalhador em atividade moderada, emite 520W carga térmica.

A carga térmica resultante da insolação em uma superfície depende das

---

características físicas dessa superfície. Por absorção, a energia de radiação solar pode ser introduzida no ambiente interno em maior quantidade quanto menos refletiva for a superfície. Sendo a superfície metálica até 72% da radiação solar é refletida e o restante absorvido. Para facilitar o cálculo dessa carga térmica utiliza-se a carga térmica das telhas fornecida pelo fabricante da mesma, sendo que a Metalfer é 108W/m<sup>2</sup> e Tuper 112 W/m<sup>2</sup> de fluxo médio de calor.

Outra carga térmica relevante é gerada pelos equipamentos que, conforme o guia de seleção de motores da WEG (2015), a potência útil fornecida pelo motor na ponta do eixo é menor que a potência que o motor absorve da linha de alimentação, isto é, o rendimento do motor e sempre inferior a 100%. A diferença entre as duas potências representa as perdas, que representam uma carga térmica de 30% até 40% da potência.

A iluminação é um dos grandes geradores de carga térmica nas indústrias com rendimentos da ordem de 25 a 30%, Conforme Rodrigues (2002), no manual de Iluminação eficiente, a lâmpada de Vapor de Sódio possui uma elevada eficiência luminosa, e ainda assim, 70% da energia consumida por essas lâmpadas é transformada em calor para o ar do recinto. A lâmpada fluorescente tem um elevado rendimento luminoso e vida útil e, no entanto, transforma 75% de toda a energia consumida em calor para o ar do recinto, contribuindo para o aquecimento dos ambientes.

De acordo com EVAFRIO (2016), o sistema de aspersão para refrigeração de telhados consiste basicamente de um reservatório para armazenar água que será utilizada para molhar as telhas. Uma moto bomba para pressurizar a água, encanamentos para conduzir a água até os aspersores que são instalados em cima do telhado e pulverizam a água que vai fazer a troca térmica nas telhas metálicas.

## SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ASPERSÃO E EVAPORAÇÃO DE ÁGUA NOS

### TELHADOS DE AÇO GALVANIZADO

O sistema é basicamente um trocador de calor, em que, o telhado de telhas de aço galvanizado torna-se um painel frio que troca calor introduzido no ambiente pelas cargas térmicas, pela ação da evaporação de água aspergida sobre as telhas.

Essa área de troca térmica é basicamente a área de telhado e, sendo este

---

de metal, sem isolamento térmico, pode se tornar um aquecedor, situação interessante no período frio e muito prejudicial no período quente, e com a aspersão e evaporação de água um grande painel de refrigeração.

O volume de água necessário para troca térmica é função da potência da carga térmica de aquecimento, de acordo com a energia de evaporação da água a temperatura ambiente que é aproximadamente 2.400kJ/kg.

Os nebulizadores são selecionados com base na área de troca térmica e volume de água a ser evaporado para realizar a dissipação de todo o calor contido no galpão por ação das cargas térmicas, isso vai produzir uma lâmina de água que é o volume de água pela área do telhado do galpão.

A pressão de trabalho dos nebulizadores, a altitude do local da instalação, a altura do telhado, a instalação do reservatório e o volume de água necessário para troca térmica determinam o dimensionamento de tubulações e bombas.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto de Refrigeração de telhados foi desenvolvido com a finalidade de proporcionar maior conforto térmico aos trabalhadores, utilizando uma tecnologia eficiente e não agressiva ao meio ambiente. O que pode vir a representar uma melhora no desempenho do trabalho, em termos de produtividade e qualidade, a ser comprovado através de uma medição futura, ou seja, depois que o sistema esteja definitivamente implementado, como foi realizado em outras empresas.

Foi concebido, a partir do levantamento em campo das fontes geradoras de calor, no ambiente interno de galpões de processo industrial. As fontes geradoras de calor elencadas foram: Iluminação, calor advindo dos trabalhadores, dos equipamentos e principalmente da radiação solar que aquece o telhado. Todos somados elevam a temperatura do ambiente interno gerando desconforto aos trabalhadores.

Sendo o telhado de telhas metálicas um excelente condutor de calor, e principal fonte geradora de calor para o ambiente interno, utilizou-se para que fosse um painel frio de modo a evitar a entrada de calor pelo telhado e também para auxiliar na dissipação do calor gerado internamente pelas outras fontes, o resultado é uma redução de temperatura no telhado de até 34°C, conforme é demonstrado

no gráfico da figura 2.

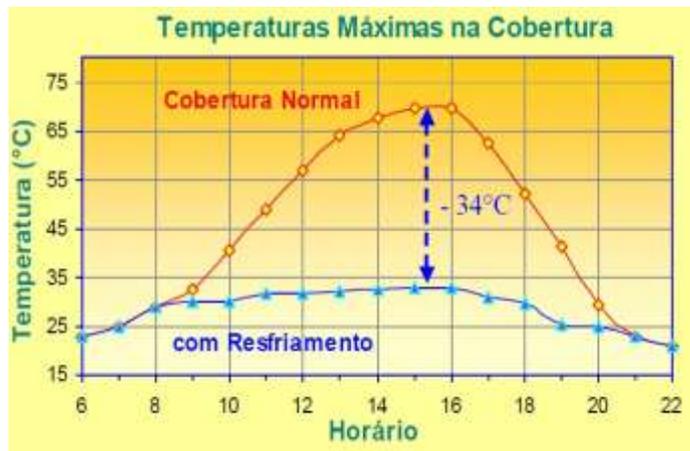


Figura 2 - Temperatura máxima na cobertura durante o dia

Para tal, distribuí-se nebulizadores uniformemente sobre o telhado de modo a atender toda a área necessária para dissipação de calor, tubulações de distribuição de água para os aspersores dimensionadas para conduzir o volume e a pressão de água necessários, um conjunto de duas bombas para movimentar a água do reservatório até o ponto onde os aspersores estão instalados e um reservatório, com capacidade suficiente, para armazenar água e atender o sistema por tempo a ser determinado.

Na Figura 3, uma de situação típica de verão local, para um galpão com refrigeração que apresenta um considerável aumento no conforto térmico para os trabalhadores.



Figura 23: Cobertura com Refrigeração

Fonte: EVAFRIO (2016).

## CONCLUSÕES

O estudo teve como objetivo geral projetar um sistema de refrigeração com aspersão de água no telhado, com a finalidade de produzir um ambiente termicamente mais confortável para os trabalhadores e evitar os problemas decorrentes da exposição do corpo humano ao calor.

A solução encontrada para um sistema de refrigeração de baixo custo de implementação e manutenção foi aproveitar as características térmicas de um telhado de aço galvanizado sem isolamento térmico, através da aspersão e evaporação de água.

Com o dimensionamento do sistema de aspersão de água no telhado, conclui-se que ele tem uma capacidade de refrigeração maior que as cargas térmicas, e de acordo com empresas especializadas no ramo, é possível conseguir redução de 7 a 10°C na temperatura interna dos Galpões em um dia com temperatura externa de 32°C, levando a constatação de que o projeto é viável. Contudo, Este estudo não pretende esgotar o assunto e, somente com a efetiva realização do projeto e com uma medição do ambiente refrigerado pode-se quantificar a redução da temperatura nos galpões. Assim, contribuirá para essa

---

pesquisa um estudo sobre o desempenho dos trabalhadores atuando em um ambiente termicamente mais confortável, seja no desempenho de suas atividades rotineiras e/ou em medicina e segurança do trabalho.

## REFERÊNCIAS

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. 2011. . Disponível em: <<http://dec.ufms.br/lade/docs/cft/ap-labeee.pdf>>. Acesso em 07/ago/2016.

NASCIMENTO, Gustavo Rosas. **Refrigeração Evaporativa de Telhados por Meio de Gotejamento de Água. Experimentos em bancada de testes**. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos.

WEG Motores Elétricos. **Guia de Especificação**. Jaraguá do Sul. 2015. rev. 18.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente: PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. 2002

EVAFRIO. **Climatização**. Disponível em: <<http://www.evafrio.com.br/desempenho-do-resfriamentoevaporativo-sobre-a-cobertura-em-climas-umidos/>>, acesso em 05/ago/2016.