

## MELHORAMENTO DO TRAÇO DE ARGAMASSA PARA ESTACA RAIZ

Rafael Matheus Tibes<sup>1</sup>  
Cleusa Teresinha Anschau, Me<sup>2</sup>

### RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo aprimorar o traço de argamassa utilizado em fundação do tipo Estaca Raiz. Essa pesquisa faz uso do Método Indutivo, devido ao objetivo que se busca alcançar, deste modo, para poder elaborar um traço em obra induzindo ao menor custo, é necessário o planejamento e a execução *in loco*, desta forma é possível avaliar a real situação em que se encontram todos os fatores que possam contribuir ou alterar o traço. Nas primeiras obras se evidenciou altos custos para sua execução. Em função disso algumas medidas foram reavaliadas para aperfeiçoar a execução. O principal insumo na composição desse tipo de argamassa é o cimento, pois é um aglomerante que quando misturado com água inicia uma reação química e conforme sua proporção em relação a água e areia, determinará alguns fatores importantes como a resistência da argamassa bem como, o custo necessário para formular o traço (ABNT/NBR 6118 (2003). O método avaliativo para determinar a resistência da argamassa em função do traço desenvolvido foi por meio de ensaios de compressão, utilizando como parâmetros as normativas (ABNT/NBR 6118 (2003), ABNT/NBR 6122 (2010) e ABNT/NBR 5739 (1994). Os resultados foram satisfatórios, pois o novo traço de argamassa pesquisado e desenvolvido se adequou a resistência solicitada em projeto e foi comprovada uma economia de aproximadamente 20% em comparação com outras empresas executoras de Estaca Raiz.

**Palavras-chave:** Estaca Raiz. Traço de Argamassa. Economia.

### 1 INTRODUÇÃO

A utilização da estaca raiz é voltada a terrenos com matacões ou rochas afloradas, alagadiços, e que receberão grandes cargas estruturais prumadas ou inclinadas (C2, 2015). No caso de uma construção civil esse cálculo deve compreender todos os custos, desde a fase de projeto e levantamentos até a limpeza da obra, englobando supervisão, administração, encargos legais e fiscais, custos financeiros e despesas de comercialização (LIMMER, 2013).

Conforme ABNT/NBR 6122 (2010) descreve a estaca raiz como: estaca raiz caracteriza-se pela execução por perfuração rotativa ou rotopercussiva e por uso de revestimento integral no trecho em solo, e que é completada por colocação de armação em

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da UCEFF Faculdades 2015.

<sup>2</sup> Orientadora do Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil UCEFF Faculdades, Economista, Especialista em Gestão do Agronegócio e Mestre em Ciências Ambientais pela UNOCHAPECÓ. Docente da graduação e pós-graduação UCEFF Faculdades, Chapecó – cleusaanschau@uceff.edu.br.

todo comprimento e preenchimento com argamassa cimento-areia. A argamassa é adensada com o auxílio de pressão, em geral dada por ar comprimido ou gerada pela pressão do injetor de argamassa.

A busca pelo aperfeiçoamento se deu devido a maioria das empresas executoras de Estaca Raiz, não buscarem o constante melhoramento em função de economia na formulação do traço de argamassa. Através dos primeiros testes realizados para determinar a resistência da argamassa moldada em obra, foi observada uma alta significativa em relação ao FCK solicitado em projeto.

O grande enigma na composição da argamassa utilizada para Estaca Raiz é o alto consumo de cimento. Tal consumo é necessário devido à busca pela resistência instada conforme ABNT/NBR 6122 (2010) com um FCK de pelo menos 20 MPa para este tipo de argamassa. Com isso busca-se o melhor traço de argamassa para a Estaca Raiz, tendo como parâmetro, à economia e redução de gases poluentes a atmosfera. E demonstrando esse sistema de fundação, deixando claro e comprovado tais ganhos.

Neste sentido, a Estaca Raiz, vem de encontro ao mercado cada vez mais exigente e competitivo. Assim, essa pesquisa justifica-se pelo fato de favorecer que o empreendedor ou investidor da construção civil possa buscar a maximização de seus ganhos.

## **2 REVISÃO TEÓRICA/ FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Conforme ABNT/NBR 6122 (2010) orienta um consumo 600 kg de cimento a cada metro cúbico de argamassa produzida. A análise realizada em obra constatou uma quantidade significativamente maior que essa estimativa, Evidenciou-se que a pesquisa deveria ser focada principalmente nessa relação, entretanto, havia a necessidade do raciocínio de toda a sequência executiva do sistema de Estaca Raiz, para buscar o melhoramento financeiro.

Já no item 8.6.3 da norma da ABNT/NBR 6122 (2010) relata:

Visa obter concreto que garanta qualidade e propriedades como durabilidade, trabalhabilidade, baixa permeabilidade, porosidade, baixa segregação, etc.

Bem como, no anexo “L” da Norma da ABNT/NBR 6122 (2010) descreve:

O furo é preenchido com argamassa, mediante bomba de injeção, através de um tubo descido até a ponta da estaca. O preenchimento de argamassa é feito de baixo para cima até a expulsão de toda a água de circulação contida no interior do revestimento.

Portanto, conforme ABNT/NBR 6122 (2010) a composição da argamassa a ser utilizada deve ter: FCK maior que 20 MPa e deve satisfazer ou ter como parâmetro as seguintes exigências: a) Consumo de cimento não inferior a 600 kg/m<sup>3</sup>; b) Fator água/cimento entre 0,5 á 0,6; c) Agregado: areia e/ou pedrisco.

Buscando atender essas exigências, no item 7.4.2 da ABNT/NBR 6118 (2003) relata:

Ensaio comprobatório de desempenho da durabilidade da estrutura frente ao tipo e nível de agressividade previsto em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos. Na falta destes e devido à existência de uma forte correspondência entre a relação água/cimento, a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade [...]

Neste contexto, é de conhecimento comum que a construção civil gera resíduos sólidos ao longo da execução da obra, bem como, a na composição da argamassa existem fatores que gerem impactos ao ambiente, os quais podem provocar danos à sociedade, afetando a qualidade de vida do entorno. Por isso é necessário à adequação as normas vigentes, assim como, observar os direitos da coletividade (ANSCHAU, 2011).

Direitos esses garantidos, conforme a Constituição Federal do Brasil (1998), no artigo 225 relata:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Compostos de enxofre, cloro, cinzas que são eliminadas de forma natural como em erupções vulcânicas, também podem contribuir para a redução da camada de ozônio. O homem também tem sua parcela de culpa - além dos CFC's e BrFC's, que eram encontrados há pouco tempo em refrigeradores, sprays, ar condicionados e equipamentos industriais - produz outros gases que destroem a camada de ozônio como o tetracloreto de carbono e o metilclorofórmio, utilizados como solventes na produção de cola e etiquetadores (REDE ESCOLA, 2015).

Contudo, é possível avaliar que o sistema de estaca raiz é um meio emissor de gases poluentes na atmosfera, devido ao alto consumo do combustível derivado do petróleo, o óleo diesel, na perfuração da estaca raiz. Entretanto, será necessário avaliar a redução de emissão de CO<sub>2</sub> devido ao uso de cimento com o novo traço na emissão de forma involuntária, devido ser lançados 610 kg para a fabricação de uma tonelada do material (SILVA, 2009).

### 3 METODOLOGIA

A elaboração de um projeto de pesquisa e o desenvolvimento da própria pesquisa, seja ela uma dissertação ou tese, necessita, para que seus resultados sejam satisfatórios, estar baseados em planejamento cuidadoso, reflexões conceituais sólidas e alicerçados em conhecimentos já existentes (SILVA, 2005).

A pesquisa faz uso do Método Indutivo, devido ao objetivo que se busca alcançar, deste modo, para poder se elaborar um traço em obra induzindo ao menor custo, é necessário o planejamento e a execução *in loco*, desta forma é possível avaliar a real situação em que se encontram todos os fatores que possam contribuir ou alterar o traço.

Indução é um processo mental por intermédio do qual, partiu-se de dados particulares, com o objetivo de levar a conclusões cujo conteúdo é muito mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam (MARCONI e LAKATOS, 2003).

A pesquisa parte de uma abordagem exploratória no canteiro de obras, sobre os materiais e as características do traço utilizado. As pesquisas exploratórias visam proporcionar uma visão geral de um determinado fato, do tipo aproximativo. A pesquisa exploratória é realizada sobre um problema ou questão de pesquisa que geralmente são assuntos com pouco ou nenhum estudo anterior a seu respeito. O objetivo desse tipo de estudo é procurar padrões, ideias ou hipóteses de forma a qualificar ou quantificar a pesquisa (COLLIS, 2005).

Levantamento Documental: Análise dos projetos das obras, análise do rompimento dos corpos de prova para ver a resistência do traço (Laudos em anexo, as quais foram ensaiadas no laboratório de Engenharia Civil da UNOCHAPECÓ, no primeiro semestre de 2015).

A coleta de dados desta pesquisa se deu em etapas, realizada entre Setembro de 2014 á Setembro de 2015.

A forma utilizada para coletar os dados de resistência do traço foi elaborada com o auxílio de moldes de corpos de prova, que são equipamentos próprios para a moldagem da argamassa e posteriormente a cura dessa argamassa os corpos de prova foram retirados e enviados para o rompimento em laboratório, no qual foi utilizada uma máquina que aplicou uma carga vertical sobre os mesmos para saber a resistência do traço, onde foi aferida através de laudo técnico gerado pelo engenheiro responsável.

Esta pesquisa fez uma análise qualitativa e quantitativa dos dados, apresentados em forma de texto, tabelas, quadros, imagens, de forma que sua análise fique mais clara ao leitor.

#### 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS/RESULTADOS DO ESTUDO

A obra que foi utilizada para o desenvolvimento desse traço aperfeiçoado, foi o Edifício Bianco em fase de construção pela Construtora e Incorporadora Nostra Casa, que terceirizou a fundação para a empresa C2 Engenharia/C2 Fundações, localizado entre a Rua Uruguai e Nereu Ramos, Centro do município de Chapecó/SC.

A figura 1 ilustra o início da perfuração da estaca, para se iniciar a perfuração se utiliza esse tubo de revestimento com o auxílio de água bombeada dentro desse tubo para facilitar a perfuração.

**Figura 1 – Início da Perfuração da Estaca Raiz**



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Foram desenvolvidas aproximadamente 138 Estacas Raiz, com uma média de perfuração de cada estaca com 15,50 metros, pois o solo não apresentou capacidade de carga que possa ser considerada segura para Estaca Raiz até os 11,50 metros.

O diâmetro de cada estaca foi de 41 cm, perfurado até os 3,0 metros em solo argiloso e dos 3,0 aos 9,50 metros foi identificado um solo rico em material orgânico e cascalho.

Alterou-se o diâmetro da estaca para 30,5cm após os 9,50 metros, pois quando se perfura até a rocha alterada a sapata de revestimento para e a perfuração é seguida somente com o martelo de fundo que possui esse diâmetro de 30,50 cm, o mesmo perfurou rocha alterada dos 9,50 até os 11,50 metros, e como solicitado em projeto perfurou dos 11,50 até os 15,50 metros em rocha sã.

O tempo de execução da fundação Estaca Raiz foi de aproximadamente 11 meses, geralmente a mesma quantidade de estacas são executadas em 05 meses, entretanto as condições do solo restringiram a velocidade de perfuração.

Avaliação do Custo do Cimento CpV-Ari e o rompimento dos corpos de prova do antigo e do novo traço de argamassa atestado pelo laboratório de Engenharia Civil da UNOCHAPECÓ. Foram levantados valores nos representantes locais e moldado dois corpos de prova de (10x20 cm) utilizando o novo traço de argamassa, formulado em virtude dessa pesquisa técnica.

A moldagem dos corpos de prova, é um exemplo para determinar a resistência mínima requerida em projeto com FCK 20 MPa. Antes da moldagem os moldes foram limpos, sendo aplicada uma camada de desmoldante para garantir a perfeita desmoldagem e impedir a aparição de fissuras nos corpos de prova que possam interferir no resultado. Na figura 2 observa-se o corpo de prova.

O corpo de prova foi realizado para uma avaliação de economia, bem como, para saber se os resultados de compressão estão de acordo com a NBR 6122/2010 e atende a resistência mínima de projeto de 200 kgf/cm<sup>2</sup> ou que equivale a 20 MPa.

**Figura 02 – Moldagem de Corpo de Prova**



Fonte: Dados de pesquisa (2015).

A pesquisa do custo por saco de cimento foi feita com levantamento de orçamentos em lojas e ou representantes de materiais da construção civil, e por contatos telefônicos. O resultando alcançado foi um preço médio de R\$ 28,24 por saco de 50 kg, conforme demonstrado na Tabela 1, da planilha orçamentária.

Se analisarmos o antigo traço com 20% de cimento a mais, que era utilizado pela empresa e, o qual rompeu com 21,47 MPa aos 07 dias e 36,85 MPa aos 28 dias. E se analisarmos o novo traço com 20% menos de cimento, rompeu com 16,65 MPa aos 07 dias e 28,83 MPa aos 28 dias conforme demonstrado nas figuras 2 e 3 e na Tabela 2, que faz a comparação da resistência entre o antigo e o novo traço.

**Figura 3 - Laudo técnico dos resultados do novo traço**

**UNIVERSIDADE COMUNITARIA REGIONAL DE CHAPECÓ**  
Credenciada pelo Decreto Estadual nº 5.571, de 27 de Agosto de 2002.  
Av. Senador Atilio Fontana, 591-E - Fone (49) 3321.8000 - Cx. P. 747  
Bairro Efapi - 89.809-000 - CHAPECÓ - SC

**UNOCHAPECÓ**

**LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL**

---

Solicitante: C2 Engenharia e Construções Ltda.  
Referência: Ensaio de Resistência à Compressão  
Obra: Edifício Bianco

Laudo: 120/2015

---

**1. Escopo**

O presente laudo informa os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples, executados conforme a *NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Os corpos de prova entregues neste laboratório são cilíndricos de concreto simples e seção transversal de 10x20cm.

---

**2. Resultados**

IDENT. CP (10x20)	DATA DE MOLDAGEM	DATA DO ENSAIO	IDADE	RUPTURA (Tf)	RESIST. (Mpa)
E8 - P10	02/03/15	09/03/15	7	13,081	16,655
		30/03/15	28	22,643	28,830

Chapecó-SC, 31 de Março de 2015.

Eng. Eduardo R. Batiston - CREA:106044-2  
Laboratório de Engenharia Civil - UNOCHAPECO

Qualquer informação queira entrar em contato com o LAB CIVIL, pelos fones (49) 3321-8111 / 3321-8136, ou pelo e-mail: [labcivil@unochapeco.edu.br](mailto:labcivil@unochapeco.edu.br)

Fonte: Laboratório UNOCHAPECÓ (2015).

Observando as figuras 3 e 4 percebe-se essas diferenças entre os traços, antigo e novo, ou seja, o traço novo tem uma redução no uso do cimento.

**Figura 4 - Laudo técnico dos resultados do antigo traço**



**UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ**  
 Credenciada pelo Decreto Estadual nº 5.571, de 27 de Agosto de 2002.  
 Av. Senador Atilio Fontana, 591-E - Fone (49) 3321.8000 - Cx. P. 747  
 Bairro Efapi - 89.809-000 - CHAPECÓ - SC

---

**LABORATÓRIO DE ENGENHARIA CIVIL**

---

Solicitante: C2 Engenharia e Construções Ltda.  
 Referência: Ensaio de Resistência à Compressão  
 Obra: Bianco Laudo: 690/2014

---

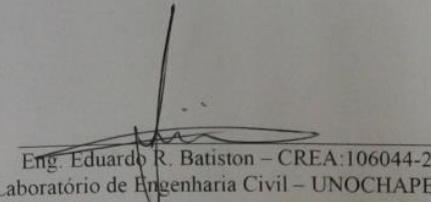
**1. Escopo**

O presente laudo informa os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples, executados conforme a *NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Os corpos de prova entregues neste laboratório são cilíndricos de concreto simples e seção transversal de 10x20cm.

**2. Resultados**

IDENT. CP (10x20)	DATA DE MOLDAGEM	DATA DO ENSAIO	IDADE	RUPTURA (Tf)	RESIST. (Mpa)
P – 14	18/11/14	25/11/14	7	16,866	21,474
		16/12/14	28	28,941	36,849

Chapecó-SC, 19 de Janeiro de 2015.



Eng. Eduardo R. Batiston – CREA:106044-2  
 Laboratório de Engenharia Civil – UNOCHAPECO

---

Qualquer informação queira entrar em contato com o LABCIVIL, pelos fones  
 (49) 3321-8111 / 3321-8136, ou pelo e-mail: [labcivil@unochapeco.edu.br](mailto:labcivil@unochapeco.edu.br)

Fonte: Laboratório UNOCHAPECÓ (2015).

Os dados elencados na Tabela 1 foram coletados em fornecedores desse insumo, buscou-se em lojas de materiais de construção e diretamente com fornecedores. Esses dados foram coletados para que se possa estipular uma média de economia.

**Tabela 1 - Planilha orçamentária**

Empresa	Material	Custo (R\$)
1	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 26,99
2	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 28,00
3	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 32,00
4	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 31,00
5	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 27,55
6	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 29,20
7	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 28,40
8	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 26,50
9	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 25,99
10	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 26,99
11	1 Sc cimento 50kg CPV-ARI	R\$ 28,00
Média		R\$ 28,24

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Os dados elencados na tabela 2 foram coletados através dos rompimentos dos corpos de provas e levados ao laboratório para ensaio. Esses dados foram coletados para que se possa determinar se o traço de argamassa está de acordo com o mínimo solicitado em projeto e o que é determinado pela norma, em função do antigo e o novo traço.

**Tabela2 – Comparação da resistência entre o antigo e o novo traço.**

Tipo Do Traço	Data de Moldagem	Data de Ensaio	Resultado (MPa)	
			07 dias	28 dias
Traço Antigo (data de ensaio aos 07 dias)	18/11/2014	25/11/2014	21,47	
Traço Antigo (data de ensaio aos 28 dias)	18/11/2014	16/09/2014		36,85
Traço Novo (data de ensaio aos 07 dias)	02/03/2015	09/03/2015	16,65	
Traço Novo (data de ensaio aos 28 dias)	02/03/2015	30/03/2015		28,83
Redução da Resistência			4,82	8,02
Cálculo de Folga em Relação à Resistência Mínima de 20 MPa			8,83	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Os dados elencados na tabela 3 descrevem a economia gerada pela formulação do novo traço de argamassa.

**Tabela 3 - Avaliação da economia do cimento entre o antigo e o novo traço**

Traço Antigo		Traço Novo	
Quantia de Estacas da Obra (und)	130	Quantia de Estacas da Obra (und)	130
Sacos por Estaca	35	Sacos por Estaca	28

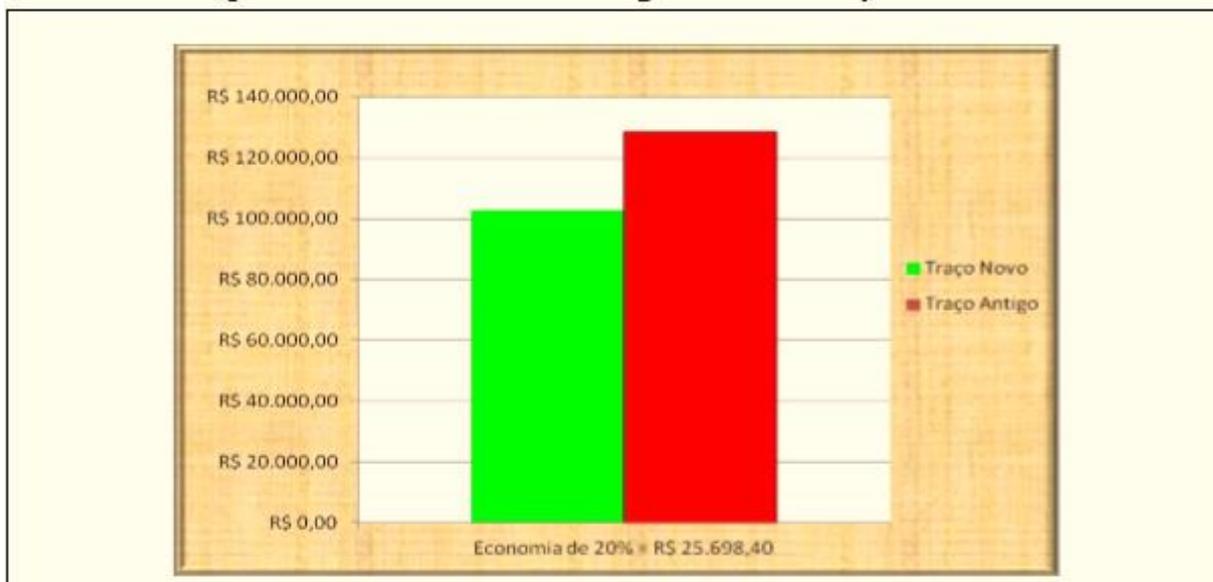
Quantidade Total de Sacos de Cimento	4550	Quantidade Total de Sacos de Cimento	3640
Valor Total	R\$ 128.492,00	Valor Total	R\$ 102.793,60
Economia com o Novo Traço			R\$ 25.698,40

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Percebe-se que o novo traço de argamassa gerou uma economia de R\$ 25.698,40, ou seja, 20%, o que impacta diretamente em redução de custos num contexto global da obra.

Neste sentido, os dados do Gráfico 1 demonstram a economia gerada pela formulação do novo traço de argamassa, permitindo uma visualização mais clara desta economia, assim o gestor da obra tem em mãos mais pautáveis para a tomada de decisão.

**Gráfico 1 - Comparativo entre valores do antigo e do novo traço**



Fonte: Elaborado pelo Autor (2015).

Ao analisar o preparo do novo traço de argamassa, Figura 05, um exemplo da formulação do novo traço desenvolvido. No ato da elaboração é possível avaliar a trababilidade, pois é imprescindível a fluidez da argamassa no sistema de estaca raiz, para que posteriormente a formulação do traço da argamassa, a bomba de injeção consiga desenvolver sua função, a de injetar a argamassa fluída até o interior da estaca sem restrições com entupimento do sistema e perda de pressão (4 kgf/cm<sup>2</sup>) que é imprescindível para que a raiz no interior da estaca seja elaborada e todos os vãos/vazios da mesma sejam preenchidos.

Somente desta forma é possível garantir a rigidez e o propósito para qual a fundação tipo estaca raiz foi projetada.

**Figura 05 – Preparo do novo traço de argamassa**



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Bem como, na Figura 05, é possível observar os funcionários utilizando todos os EPI's necessários para formular o novo traço de argamassa. Avaliação da mão de obra e avaliação em função da ação do clima em agregados miúdos (areia) na formulação da argamassa.

Conforme observação dos funcionários em sua rotina de desenvolvimento da argamassa e acompanhada diferença na composição da argamassa com a areia mais úmida devido à condição climática chuvosa, assim como, o desenvolvimento da mesma em clima mais seco.

Deste modo foi possível qualificar a qualidade da argamassa e se há a necessidade de intervenção e determinar a trababilidade/volume final se enquadra com a norma da ABNT/NBR 6122(2010). A trababilidade melhorou significativamente conforme avaliado em relação ao tempo para a formulação da argamassa com a qualidade requerida, foi evidenciado após as chuvas uma dificuldade na formulação, pois, a quantia de água inserida na areia aumentava significativamente, ao nível de reduzir a quantia mínima de 600 kg/m<sup>3</sup> estabelecida pela

norma, alterando a relação água/cimento; entretanto tal patologia foi corrigida cobrindo a areia, prevenindo um adicional irregular de aproximadamente 17% a mais de água que ficava contida na areia posteriormente as chuvas.

Posteriormente a essa correção não foi evidenciado derramamento de argamassa pelo equipamento conforme demonstrado na Figura 6 – Equipamento misturador de argamassa, pois não há mais o excesso de água provida da chuva que alterava de forma negativa o traço e reduzia o tempo de preparo.

**Figura 6 – Equipamento misturador de argamassa**



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

A figura 6 representa o antigo misturador de argamassa, que posteriormente a avaliação de baixa produtividade e altos custos com manutenção foi substituído pelo misturador e bomba de injeção representada na figura 7 que é o novo misturador de argamassa.

**Figura 7 – Novo equipamento misturador de argamassa**



Fonte: Dados de pesquisa (2015).

Neste sentido, vale salientar que o descarte correto evitando a contaminação do solo com os lubrificantes utilizados nos equipamentos. Bem como, no novo misturador, há uma menor emissão de gases poluentes lançado na atmosfera.

Assim, a utilização de lubrificantes atóxicos entre os tubos de revestimentos, evita a poluição e contaminação do solo no momento da perfuração. Foi verificado que no momento da perfuração os tubos de revestimento que perfuram o solo e entre os mesmos há a necessidade de lubrificação das roscas, com lubrificantes, os quais estão diretamente em contato com o solo, por isso o uso do produto atóxico. E nas trocas de lubrificantes utilizado para lubrificar as engrenagens internas dos equipamentos, coletado e destinado fornecedor de lubrificantes, para que o mesmo envie a uma unidade de tratamento registrada de acordo com as normas vigentes.

Para além dos lubrificantes, houve uma substituição do combustível (diesel) S500 pelo S10. Utilizado na perfuratriz (equipamento de perfuração de solo) e o compressor (equipamento utilizado para auxiliar a perfuração), consomem combustível do tipo diesel para o funcionamento. O diesel S-500 na sua formulação contém 500 partes por milhão de enxofre,

gás agressivo a camada de ozônio. Foi substituído S10 que é um combustível com uma concentração menor de enxofre.

Em função das alterações dos lubrificantes, combustível e a redução do uso do cimento pode-se dizer que houve uma redução de gases poluentes e risco de contaminação do solo no canteiro de obra.

Em termos evolutivos das escavações realizadas com Estaca Raiz, representada na Figura 8, é possível observar a argamassa injetada gerando as raízes, e por esse fato não contamina o lençol freático.

**Figura 8 – Estaca Raiz – escavada para estudo**



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Para além desta pesquisa, pode-se dizer que o novo traço de argamassa usada na Estaca Raiz faz uso do tripé da sustentabilidade, reduz custos econômicos, melhora a qualidade do trabalhador e, evita impactos nocivos aos recursos naturais.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse estudo teve por objetivo geral demonstrar qual o melhor traço de argamassa de Estaca Raiz. Nesse sentido o novo traço de argamassa obteve sucesso, pois mesmo não se enquadrando na norma da ABNT NBR 6122, a qual solicita uma quantia mínima de cimento de 600 kg/m<sup>3</sup>, que era utilizada como parâmetro para se atingir a resistência mínima com FCK de 20 MPa ou 200 kgf/cm<sup>2</sup>, a qual foi atendida e especificada em projeto.

Deste modo, o resultando gera uma economia de 20% no uso do cimento e na emissão de CO<sup>2</sup> de forma involuntária, devido ser lançados 610 kg para a fabricação de uma tonelada de cimento, assim como, a redução de gases de efeito estufa provenientes da queima do óleo diesel, como o enxofre que é altamente poluente á atmosfera, onde antes era lançado 500ppm agora foi reduzido para 10ppm apenas substituindo o combustível.

Complementando o melhoramento do traço, no cronograma da injeção de argamassa no sistema da Estaca Raiz, o traço passa a ter mais fluidez adaptando-se melhor ao novo misturador de argamassa, processo pelo qual foi otimizado 300%.

Em relação ao clima, percebe-se em dias chuvosos, a areia exposta aos intempéries fica mais encharcada necessitando de mais mão de obra, pois fica mais pesada afetando o desempenho do traço, o qual requer uma reformulação da água utilizada no traço. O problema climático foi resolvido com medidas extremamente simples, cobrindo a areia em dias chuvosos.

Ao final da execução da fundação, foi constatada uma redução de 27,75 toneladas de dióxido de carbono, tal sucesso foi obtido de forma involuntária, devida a redução de 20% de cimento que não precisou ser fabricado.

Foi possível constatar que o ponto de fluidez da argamassa esta dentro dos parâmetros da fundação, pois após o início dos trabalhos para preparar o topo da estaca concluída que venha a receber o bloco de coroamento não foi constatado o estrangulamento das estacas.

Como o principal objetivo era o melhoramento do antigo traço com formulação (1:1,70:0,55) representado nas quantidades de cimento, areia e água. Para o novo traço de argamassa desenvolvido e formulado na proporção de (1:2:0,74) também representado nas quantidades de cimento, areia e água foi possível gerar uma economia de aproximadamente 20% com a redução do cimento.

Nesse sentido essa pesquisa comprovou resultados de sucesso, devido à experiência ser comprovada em uma nova composição de argamassa, atendendo as normas técnicas e os ensaios laboratoriais.

Por fim pode-se relatar que esse novo traço abre caminhos para a empresa em questão como as demais que executam o sistema de Estaca Raiz. Pois reduz custos, maximizando o retorno do investidor, no final do sistema, ou seja, possibilitando maior viabilidade de novos empreendimentos.

## REFERÊNCIAS

ANSCHAU, C. T. **Redes cooperativas da bovinocultura de leite e o desenvolvimento do Oeste Catarinense**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade Comunitária da Região de Chapecó. 2011.

BRASIL, **Constituição Federal do Brasil**, Brasília, 1998.

BRASIL, Norma Técnica NBR 6122:2010. **Projeto e Execução de Fundação**. 2010. Disponível em: <<http://professor.ucg.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/16538/material/NBR%206122-2010.pdf>>. Acesso em Mar. 2015.

BRASIL, Norma Técnica NBR 6118:2003. **Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento**. 2003. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>>. Acesso em Mar. 2015.

BRASIL, Norma Técnica NBR 5739:1994. **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio**. 1994. Disponível em: <file:///C:/Users/Cliente/Downloads/NBR%205739-2007%20-%20Ensaio%20de%20compressao%20cp%20cilindrico.pdf>. Acesso em Mar.2015.

C2, **Construtora Engenharia C2: Adaptação da Norma da ABNT NBR 6122/2010**. Chapecó, 2015.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em Administração (2 ed.)**, 2005.

DALFOVO, Michael. Métodos Quantitativos e Qualitativos; **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, Blumenau v.2 2008.

FERREIRA, Luciene Braz. **A Técnica de Observação**. 1.Ed. 2012. Disponível em: <[http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2012\\_EPQ482.pdf](http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2012_EPQ482.pdf)>. Acesso em Ago. 2015.

FREITAS, Henrique. **Métodos de Pesquisa**. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rael/v1n1/v1n1a6>>. Acesso em Ago. 2015.

LIMMER CARL.V. **Planejamento e orçamento e controle de projetos e obras**. 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª Edição, 2003.

REDE ESCOLA, **Destruição x Reconstituição**, 2015. Disponível em: [http://www.redescola.com.br/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=292:destruicao-da-camada-de-ozonio-&catid=42:documentos](http://www.redescola.com.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=292:destruicao-da-camada-de-ozonio-&catid=42:documentos). Acesso em Ago. 2015.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia Científica**: 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2000.

SILVA, Edna Lúcia. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação** – 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Nilberth. **Cimento Criado na USP Libera 40% menos Gás Carbônico na Atmosfera**. 2013.

Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/cimento-criado-usp-libera-40-menos-gas-carbonico-atmosfera-738925.shtml>>. Acesso em Mar. 2015.

SOUSA, **Método de Recolha de Dados Por Entrevista**, 2009. Disponível em: <<http://e-portefolio-mie.blogspot.com.br/2009/11/metodo-de-recolha-de-dados-por.html>>. Acesso em Ago. 2015.