

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO AUGUSTO BARRETO MEYER

**ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DA FIBRA ÓTICA POR FIBRA DE
POLIAMIDA PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO TRANSLÚCIDO
VISANDO APLICAÇÃO EM ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS EM
VIAS PÚBLICAS**

CAMPO MOURÃO

2018

LEONARDO AUGUSTO BARRETO MEYER

**ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DA FIBRA ÓTICA POR FIBRA DE
POLIAMIDA PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO TRANSLÚCIDO
VISANDO APLICAÇÃO EM ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS EM
VIAS PÚBLICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientadora: Profa. Dra. Paula Cristina de Souza

Co-orientador: Prof. Me. Paulo Henrique Rodrigues

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DA FIBRA ÓTICA POR FIBRA DE POLIAMIDA PARA
PRODUÇÃO DE CONCRETO TRANSLÚCIDO VISANDO APLICAÇÃO EM
ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS EM VIAS PÚBLICAS**

por

Leonardo Augusto Barreto Meyer

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10h20min do dia 30 de Novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^ª. Dr^ª. Paulo Henrique Rodrigues

(Faculdade Integrado)

Co-orientador

Prof. Dr. Tiago T. Amaral De Oliveira

(UTFPR)

Prof^ª. Dr^ª. Ronaldo Rigobello

(UTFPR)

Prof. Dra. Paula Cristina de Souza

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr(a) Paula Cristina de Souza.

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido viver o que vivi e chegar aonde cheguei.

Agradeço a meus pais, Maria da Penha e Lothario que sempre me deram todo apoio possível, principalmente nesses 5 anos de universidade, além do suporte para que nada me faltasse durante toda minha vida. Obrigado por serem meus exemplos, estou aqui por conta de vocês e chegarei muito mais longe graças ao seu apoio. Amo muito vocês (mesmo sendo meio chato às vezes).

Ao Professor Paulo e a Professora Paula por sempre estarem disponíveis para me auxiliar em diversas questões e por me ajudarem tanto nessa graduação. Vocês são demais!

Ao técnico de laboratório Fábio que tirou tempo de sua agenda para auxiliar na execução dos experimentos e também pelas opiniões que ajudaram a aperfeiçoar tudo o que foi feito.

A todos meus amigos que fizeram parte das mesas de estudos que não paravam de acontecer, dia e noite. Obrigado galera, sem vocês a universidade não teria o mesmo encanto. Também a todos os amigos que me deram forças e ajudaram de formas diretas e indiretas para continuar firme e forte na graduação.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação, desde pequeno até a graduação, todos são responsáveis por estar onde estou.

“Uma longa viagem começa com um único passo.”

Lao Tsé

RESUMO

MEYER, Leonardo A. B. (2018). **Estudo da substituição da fibra ótica por fibra de poliamida para produção de concreto translúcido visando aplicação em ondulações transversais em vias públicas**. Campo Mourão, 2018. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O Concreto translúcido é uma variação de concreto que permite que a luz transpasse de um lado a outro de um elemento. Isso é possível graças à adição de fibra ótica em sua composição. O concreto translúcido é um produto de alto custo devido ao uso da fibra ótica em seu processo produtivo. Nesse contexto apresenta um estudo sobre a substituição da fibra ótica por fibra de poliamida (linha de pesca) na execução do concreto translúcido. Consiste na execução de experimentos para caracterização inicial dos agregados e posteriormente do concreto com a fibra de poliamida. Os principais ensaios são de ruptura por compressão e de translucidez. Com os resultados obtidos são feitas comparações com dados existentes retirados da literatura, demonstrando ao final uma porcentagem comparativa entre as concretagens executadas com os materiais supracitados, para julgar o custo benefício da “linha de pesca” utilizado na substituição. Após a análise dos resultados, constatou-se a viabilidade econômica da utilização de poliamida como substituto da fibra, contudo, esta precisaria ser acrescentada a composição em maior quantidade. Além disso, e devido a esse volume maior de poliamida, faz-se necessário um estudo de aumento de resistência do concreto utilizado na mistura.

Palavras-chave: Concreto; Fibra ótica; Concreto translúcido; poliamida.

ABSTRACT

MEYER, Leonardo A. B. (2018). **Study of the substitution of optic fiber for polyamide fiber for the production of translucent concrete towards the application in speed bumps in public roads.** Campo Mourão, 2018. 26 p. Undergraduate thesis – The Federal University of Technology – Paraná.

The translucent concrete is a variation of concrete which allows light to pass, from one side to another of an specimen. This is possible because of the addition of optical fiber on its composition. The translucent concrete is a high cost material, due the use of optical fiber on its productive process. This study presents an investigation about the replacement of optical fiber with polyamide fiber (fishing line) on the execution of translucent concrete, performing experiments for initial characterization of the aggregates and later of the concrete with the added alternative material. The main tests are compression rupture and translucency. The results obtained are used to make comparisons with existing data from the literature, at the final presenting a comparative percentage between the concretes executed with the abovementioned materials, to judge the cost benefit of the "fishing line" used in the substitution. After the tests were carried out, it was verified the economic feasibility of using polyamide as a substitute for the fiber. However, this would need to be added to the composition in greater quantity. Due to this larger volume of polyamide, a study for evaluation the concrete strength increase is necessary.

Key words: Concrete; Optical fiber; Translucent concrete; Polyamide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Fibra ótica detalhada..... | 5 |
| Figura 2 – Esquema de uma ondulação transversal. | 8 |
| Figura 3 – Litracon Classic® | 9 |
| Figura 4 - Litracon pXL® | 9 |
| Figura 5 – Execução do teste de abatimento | 13 |
| Figura 6 – Concreto com fibra de poliamida..... | 14 |
| Figura 7 - Processo de fabricação protótipo A | 15 |
| Figura 8 - Fabricação do protótipo A | 16 |
| Figura 9 – Caixa escura para teste de translucidez com luz natural | 17 |
| Figura 10 – Caixa escura para teste de translucidez com luz artificial | 17 |
| Figura 11 – Frasco de Chapman..... | 19 |
| Figura 12 – Balança hidrostática | 20 |
| Figura 13 – Resultado do teste de abatimento | 21 |
| Figura 14 - Corpo de prova rompido sem adição | 22 |
| Figura 15 - Corpo de prova rompido com adição | 23 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Quadro de massa mínima para ensaio de agregado graúdo | 12 |
| Quadro 2 – Resultados dos corpos de prova com adição fibra ótica | 18 |
| Quadro 3 – Quadro de dosagem de materiais para confecção de 6 corpos de prova 10x20 cm..... | 21 |
| Quadro 4 – Resultados dos corpos de prova sem adição | 22 |
| Quadro 5 – Resultados dos corpos de prova com adição de 4% de fibra de poliamida..... | 23 |
| Quadro 6 – Resultados de iluminação natural com protótipo | 24 |
| Quadro 7 – Resultados de iluminação natural com protótipo | 25 |
| Quadro 8 – Comparação de preços entre materiais..... | 25 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |
| DPVAT | Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres |
| NBR | Norma Brasileira |
| NM | Norma Mercosul |
| MPa | Mega Pascal |
| EPS | Sigla internacional do Poliestireno Expandido |
| Cm ³ | Centímetro cúbico |
| Cm | Centímetro |
| g | Gramma |
| °C | Graus Celsius |
| Kg | Quilograma |
| A/C | Água/Cimento |
| L | Litro |
| h | Hora |
| min | Minuto |
| R\$ | Reais |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 OBJETIVOS | 3 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 3 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 3 |
| 2.3 JUSTIFICATIVA | 4 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 3.1 Fibra ótica | 5 |
| 3.1.1 Tipos de fibra ótica | 6 |
| 3.1.1.1 Multimodo | 6 |
| 3.1.1.2 Monomodo | 6 |
| 3.2 Construção de ondulações transversais (Lombadas) usando concreto Portland | 7 |
| 3.2.1 Concreto | 7 |
| 3.2.2 Ondulações transversais (Lombadas) | 7 |
| 3.3 Concreto Translúcido | 8 |
| 3.3.1 Criação | 9 |
| 3.3.2 Características do concreto translúcido | 9 |
| 3.3.3 Vantagens e desvantagens | 10 |
| 3.3.3.1 Vantagens | 10 |
| 3.3.3.2 Desvantagens | 10 |
| 4 METODOLOGIA DE PESQUISA | 11 |
| 4.1 Coleta e Armazenamento de Materiais | 11 |
| 4.2 Ensaio de agregados | 11 |
| 4.2.1 Ensaio de agregado miúdo | 11 |
| 4.2.2 Ensaio de agregado graúdo | 12 |
| 4.3 Ensaio de abatimento ou slump teste | 13 |
| 4.4 Montagem de corpo de prova padrão | 13 |
| 4.5 Montagem do corpo de prova com fibra de poliamida | 14 |
| 4.6 Métodos de ruptura dos corpos de prova | 15 |
| 4.7 Montagem do corpo de prova translúcido | 15 |
| 4.8 Ensaio de Translucidez | 16 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 4.9 | Uso de dados de trabalhos semelhantes | 17 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 19 |
| 5.1 | Resultados dos ensaios de agregado miúdo e graúdo | 19 |
| 5.1.1 | Determinação da Massa específica dos agregados | 19 |
| 5.2 | Resultados dos ensaios de Concreto..... | 20 |
| 5.2.1 | Resultado do teste de abatimento | 21 |
| 5.2.2 | Resultados dos corpos de prova sem adição..... | 21 |
| 5.2.3 | Resultados dos corpos de prova com adição de 4% de fibra de poliamida..... | 22 |
| 5.3 | Resultados dos testes de translucidez | 23 |
| 5.3.1 | Resultado experimental de luz natural | 24 |
| 5.3.2 | Resultado experimental de luz artificial | 24 |
| 5.4 | Preços comparativos entre Fibra ótica e Fibra de poliamida | 25 |
| 6 | CONCLUSÃO | 26 |
| 7 | COONSIDERAÇÕES FINAIS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

Acidentes de trânsito é a oitava maior causa de mortes no mundo, sendo a única razão “mecânica” presente no ranking de 10 principais causas, exposto pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018). Ainda de acordo com a OMS, cerca de 1,25 milhão de pessoas são mortas devido aos acidentes e de 20 a 50 milhões sofrem lesões não fatais. Deve-se ressaltar também que além dos óbitos, há um grande custo atrelado a essa problemática, estima-se um gasto global de 1,850 trilhões de dólares ao ano.

Pelo fato de ser um problema recorrente em diversos locais do mundo, a ONU criou a Década de Ação pela Segurança no Trânsito em 2009, a qual declara de 2011 a 2020 um período para a prevenção de acidentes no trânsito, contando com mais de cem países participando. (ONU, 2012).

Aproximadamente 90% das mortes ocorrem em países de baixa e média renda, mesmo essas regiões possuindo apenas 54% dos veículos do total mundial. Levando em conta que o Brasil se encaixa em tal categoria, pode-se afirmar que essas casualidades são um problema de grave importância e não devem ser ignoradas.

Os acidentes de veículos no Brasil ocorrem por variados motivos, diversos tipos de obstáculos e reguladores de velocidade são instalados visando à prevenção de sinistros no trânsito, porém muitos desses artefatos utilizados possuem falhas. Um dos principais métodos usados para restringir a velocidade nas vias, é a ondulação transversal, sendo essa geralmente executada em concreto e pintada com tinta asfáltica para sua melhor visualização. Contudo, mesmo com a presença de tinta, não é garantido que tal obstáculo será devidamente visualizado pelos motoristas.

Com o objetivo de aumentar a segurança em nossas vias, estuda-se a possibilidade de construir essas ondulações com concreto translúcido, que nada mais é um material que permite a transmissão de luz de uma extremidade à outra. Tal material é executado usando fibra ótica como um aditivo, possibilitando o uso de luz artificial para ilumina-lo destacando ainda mais às ondulações transversais no pavimento. Contudo o concreto translúcido tradicional é feito de um material de preço elevado, dificultando seu uso em grandes escalas.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é buscar um material que possa substituir a fibra ótica, sem que haja uma grande variação em resistência e capacidade da passagem de luz, no concreto translúcido e torna-lo mais acessível.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a fibra de poliamida para confecção de concreto translúcido.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar o concreto translúcido;
- Avaliar as propriedades do concreto translúcido confeccionado quanto à resistência mecânica e passagem de luz através do material;
- Avaliar o material alternativo que possa substituir a fibra ótica na execução do concreto translúcido;
- Verificar eficiência e o custo benefício do concreto com fibra ótica e a fibra de poliamida utilizada.

2.3 JUSTIFICATIVA

Devido à atual estatística de acidentes ocorridos em rodovias brasileiras, no qual, de acordo com o relatório anual do seguro DPVAT, em 2017 houve um aumento de 23% de acidentes fatais se comparado a 2016, aumentando então em 7% as despesas médicas. Faz-se necessário o estudo de novas técnicas ou tecnologias que aumentem a segurança no setor rodoviário brasileiro.

Outro fator de interesse é a localidade onde as maiorias dos acidentes ocorrem. Verifica-se que 75% dos acidentes com vítimas aconteceram no meio de quadra, caracterizado assim como o trecho mais perigoso da via, e não o cruzamento (REGIO, 2012). Analisando os dados observa-se que há uma necessidade de melhoramento nos atuais sistemas de proteção existentes no meio de quadra.

Com tais dados expostos, demonstra-se uma possível solução a execução de redutores de velocidade do tipo lombada com concreto translúcido juntamente com alguma forma de iluminação direta, para facilitar a visualização desta pelo motorista, assim auxiliando a evitar acidentes em locais críticos. Contudo o custo da execução desta tecnologia é alto, tornando o sistema inviável. Deste modo a busca por materiais alternativos, como a poliamida, por exemplo, que apresente as mesmas características da fibra ótica, com um custo menor será de grande auxílio para um melhor custo benefício na execução destes redutores de velocidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Fibra ótica

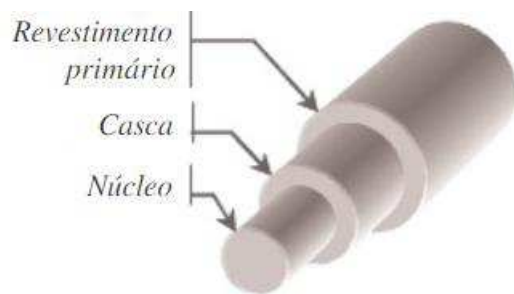
Segundo Restrepo (2013), fibra ótica é um filamento extremamente fino e flexível de vidro ou plástico, composto por núcleo, casca e revestimento primário, permitindo a transmissão de luz de um ponto a outro com mínima, ou nenhuma interferência.

De acordo com Maldonado e Matos (2003), a fibra ótica é um filamento feito de materiais transparentes o suficiente para permitir a passagem de luz visível ou infravermelha. Usualmente as fibras óticas são compostas por cilindros concêntricos com índices de refração diferentes, possibilitando a reflexão total da luz incidente.

As partes componentes de uma fibra ótica são:

- Núcleo: feito de vidro, local onde a luz viaja;
- Casca: material ótico que envolve o núcleo e reflete a luz de volta ao centro;
- Revestimento: geralmente algum plástico que protege as camadas interiores de danos e umidade. (BERTOLOTO, 2012)

Figura 1 – Fibra ótica detalhada.



Fonte: Maldonado e Matos (2003).

Para que a luz percorra de uma extremidade da fibra até a outra, esta é refletida diversas vezes nas paredes da casca, que mandam o feixe para o núcleo, executando uma espécie de ziguezague até atingir seu destino final. (RESTREPO, 2013)

O principal uso das fibras óticas é para comunicação, esta tecnologia vem sendo cada vez mais utilizada uma vez que, ao invés dos cabos normais, a fibra

propaga luz e não eletricidade, assim a velocidade e a quantidade de dados transmitidos é muito maior. Diversas cidades do mundo já contam com sistemas de comunicação baseados em fibra ótica, inclusive ligações entre continentes. (VALADARES, 1998)

3.1.1 Tipos de fibra ótica

Existem diversos tipos de fibra ótica, para diversas aplicações e estas são classificadas em dois grandes grupos, multimodo e monomodo.

3.1.1.1 Multimodo

As fibras multimodo possuem maior diâmetro, assim, permitindo que mais de um sinal transite pelo filamento. Dentro dessa categoria existem duas subdivisões, fibras de índice degrau e de índice gradual. Fibras de índice degrau possuem características inferiores em comparação aos outros tipos de fibras. Por ter uma banda passante muito estreita e atenuação alta, é usada somente na transmissão de distâncias curtas. (MALDONADO E MATOS, 2003).

Sobre fibras de índice gradual, Maldonado e Matos (2003) comentam, a fabricação é mais complexa, pois o índice de refração vai diminuindo do núcleo até a casca. Isso faz com que os raios percorram caminhos diferentes, com velocidades diferentes, mas que cheguem aproximadamente ao mesmo tempo no destino final. Assim aumentando a banda passante e a capacidade de transmissão da fibra. Essas fibras são desenvolvidas principalmente para telecomunicação, por isso possuem diâmetro reduzido em comparação às outros tipos de fibra.

3.1.1.2 Monomodo

As fibras monomodo apresentam um núcleo pequeno, permitindo a propagação da luz de um único modo. Estas possuem uma banda com maior largura, deste modo a dispersão de luz é reduzida permitindo que sinais sejam transmitidos por longas distâncias. Apesar de ser superior em comparação às fibras supracitadas, possui custo elevado e exige maior técnica para seu manuseio. (MALDONADO E MATOS, 2003).

3.2 Construção de ondulações transversais (Lombadas) usando concreto

Portland

Ondulações transversais podem ser construídas com diversos materiais, um dos mais usuais é o concreto feito de cimento Portland. (DER-PR, 2005)

3.2.1 Concreto

O concreto é um dos materiais construtivos mais utilizados no mundo por diversos fatores, principalmente por sua versatilidade e adaptabilidade. A origem do cimento é datada na Antiguidade, onde eram feitos tipos de argamassas arcaicas para o assentamento de pedras, porém o cimento moderno é relativamente novo, de acordo com Carvalho (2008), em 1824, foi patenteado por Joseph Aspdin o método de produzir pedra artificial, dado o nome de Cimento Portland, devido à semelhança com a pedra calcária presente na península de Portland. Com o cimento Portland à disposição de engenheiros, o produto era cada vez mais utilizado em obras pela Europa. O ano de 1849 é considerado o nascimento do concreto armado, pois um agricultor francês chamado Joseph-Louis Lambot utilizou ferros para construir tanques de cimento reforçado.

3.2.2 Ondulações transversais (Lombadas)

As ondulações transversais, também conhecidas como 'lombadas' ou 'quebra molas', são porções elevadas da via, colocadas em um ângulo reto em relação ao tráfego com o intuito de reduzir a velocidade dos veículos transeuntes. Geralmente são requisitadas por moradores em áreas residenciais com grande concentração populacional e em locais com escolas, onde há tráfego intenso de crianças. (BARBOSA E MOURA, 2008).

A tentativa de ultrapassar estas barreiras com grande velocidade podem causar abruptas variações no molejo do veículo, podendo mesmo quebra-lo, daí o nome 'quebra-molas'. (BAGNATO, 2008)

Para a execução de ondulações transversais com concreto moldado "in loco", Neto, Sugimoto e Camanho 1989, dissertam que a construção é feita com concreto

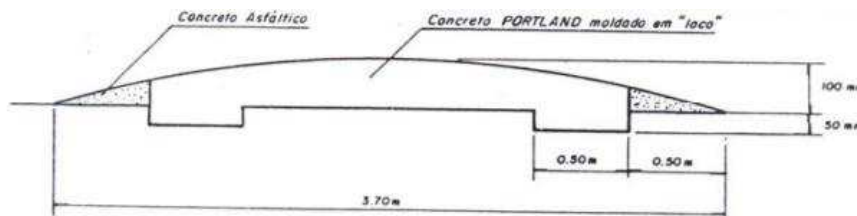
usinado, lançado diretamente sobre o piso preparado. A moldagem é manual e para se obter o contorno desejado deve ser utilizado um gabarito de madeira.

Segundo o DER-PR (2005), a execução de lombadas devem seguir as seguintes etapas:

- Demarcação do local: de acordo com o projeto, a posição e largura são marcadas no pavimento;
- Limpeza: deve ser limpo o local do pavimento onde será executada a lombada, resultando, em local sem manchas de óleo, graxa, etc.;
- Execução de ranhuras e pintura de ligação: para que haja maior aderência, devem ser executadas ranhuras no pavimento e a seguir aplicar uma pintura de ligação;
- Colocação das fôrmas;
- Conformação das lombadas: o concreto é colocado entre as formas e a conformação é feita utilizando uma régua;
- Retirada das fôrmas e compactação: as fôrmas são retiradas, a compactação do concreto deve ser feita com as ferramentas adequadas e que resultem no adequado adensamento e homogeneização do material.

Para ser aceita a obra, o material deve possuir uma resistência mínima de 30 MPa, o acabamento deve ser satisfatório de acordo com o órgão responsável, o dispositivo deve apresentar pleno funcionamento e as dimensões não podem divergir mais que 10% do projeto. A figura 2 demonstra um esquema de execução de uma ondulação transversal.

Figura 2 – Esquema de uma ondulação transversal.



Fonte: Neto, Sugimoto e Camanho. (1984)

3.3 Concreto Translúcido

Concreto translúcido é um concreto que permite passagem de luz ao ser adicionada fibra ótica em sua composição.

3.3.1 Criação

O concreto translúcido foi criado e patenteado pelo arquiteto húngaro Àron Lesonczy, em 2001, o qual fundou a Litracon®. Tal concreto possui resistência e solidez de um concreto tradicional, porém permite a passagem de luz, assim dando-lhe o status de ecologicamente correto ao aproveitar melhor a luz solar. (SOUZA E DINIZ, 2017).

A empresa atualmente trabalha com dois tipos de concreto translúcido:

- O primeiro, como demonstrado na Figura 3, Litracon Classic®, formado por blocos pré-fabricados, composto por fibra ótica de vidro e concreto, com dimensões máximas de 1200x400 milímetros e espessura podendo variar de 25 a 200 milímetros.

Figura 3 – Litracon Classic®.



Fonte: Litracon (2018).

- Já o segundo é o Litracon pXL®, feito por plástico translúcido e concreto, com dimensões máximas de 3010x1210x80 milímetros. (LITRACON, 2018) e pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Litracon pXL®.



Fonte: Litracon (2018).

3.3.2 Características do concreto translúcido

De acordo com Ribeiro (2010), as fibras óticas são dispostas no bloco de concreto de modo que fiquem paralelas entre si e atravessem as extremidades opostas, desse modo permitem a passagem de luz. Ao ser captada a iluminação pela fibra ótica, é transmitida cerca de 1/10 ao lado oposto, dependendo da distancia dos objetos à superfície do concreto e do observador, é possível perceber suas cores e silhueta. Geralmente o volume de fibras é de 4% em relação ao volume total do bloco. As fibras são incorporadas juntamente com o agregado, sendo formado um único material homogêneo.

3.3.3 Vantagens e desvantagens

Baseado no estudo de Restrepo, (2013), as vantagens e desvantagens que o concreto translúcido tem a oferecer sobre o concreto convencional serão apresentadas a seguir.

3.3.3.1 Vantagens

- Capacidade de transmitir luz através do material, sob diversas condições, por exemplo, curvas e cantos;
- Aproveitamento de luz solar no ambiente;
- Maior maleabilidade e impermeabilidade devido à fibra ótica;
- Possibilidade de diminuir o consumo de luz artificial, resultando na economia de energia elétrica.

3.3.3.2 Desvantagens

- Elevado preço devido à presença de fibra ótica;
- Necessidade de mão de obra especializada.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

4.1 Coleta e Armazenamento de Materiais

Devido ao custo e dificuldade de obtenção, a fibra ótica não pode ser coletada, assim, sendo substituída pela fibra com composição 100% de poliamida (linha de pesca) com um milímetro de diâmetro. Os agregados, miúdo e graúdo, necessários para execução do concreto foram obtidos na UTFPR campus Campo Mourão. Armazenaram-se todos os materiais, de modo que não houvessem alterações em suas características, no laboratório de materiais de construção civil.

Foi feita uma pesquisa de preços para a comparação entre a fibra ótica (0,5 mm de diâmetro) e a linha de pesca (1 mm de diâmetro), deu-se os valores em reais por metro e foi levado em conta a o volume de material necessário para que fosse executado um corpo de prova 20x10 cm com 4% sendo de aditivo.

4.2 Ensaio de agregados

Todos os ensaios foram baseados em normas brasileiras e do Mercosul e visam uma maior qualidade nos experimentos e ensaios. Sendo eles a determinação de massa específica dos agregados.

4.2.1 Ensaio de agregado miúdo

Os agregados miúdos tiveram sua massa específica encontrada pelo frasco de Chapman, conforme norma ABNT NBR 9776:1987. Foi colocada água até a marca de 200 cm³, depois colocou-se com cuidado 500 g de agregado miúdo seco e por fim agitou-se o frasco para eliminar bolhas de ar.

Fez-se a leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco, essa leitura indicou o volume do agregado.

A massa específica foi dada pela Equação 1, sendo L = leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água-agregado miúdo). Foram feitas duas determinações consecutivas com amostras do mesmo agregado miúdo e não tiveram diferença entre si de mais de 0,05 g/cm³. O resultado deve ser expresso com três algarismos significativos.

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad (1)$$

4.2.2 Ensaio de agregado graúdo

Os agregados graúdos tiveram sua massa específica obtida de acordo com a norma NM 53/2009. De acordo com a granulometria de cada agregado, foi usada uma massa mínima para o ensaio, como demonstrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Quadro de massa mínima para ensaio de agregado graúdo.

| Dimensão máxima característica | Massa mínima da amostra de ensaio |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| mm | kg |
| 12,5 | 2 |
| 19,0 | 3 |
| 25,0 | 4 |
| 37,5 | 5 |
| 50 | 8 |
| 63 | 12 |
| 75 | 18 |
| 90 | 25 |
| 100 | 40 |
| 112 | 50 |
| 125 | 75 |
| 150 | 125 |

Fonte: Adaptado NM 53/2009 (2009).

Submergiu-se a amostra em água por 24 horas, após esse período, retirou-se e foi envolvida em um pano para que toda água visível na superfície fosse seca. A balança hidrostática precisou ser zerada com seu recipiente imerso em água e em seguida a pesagem do agregado foi feita. No último passo, a amostra foi seca em estufa a 105 °C até sua massa se tornar constante e pesada em balança com precisão de 1 g.

Para obtenção da massa específica do agregado seco utilizou-se a Equação 2, na qual d é a massa específica do agregado seco (gramas por centímetro cúbico), m é a massa ao ar da amostra seca (gramas) e m_a é a massa em água da amostra (gramas).

$$d = \frac{m}{m - m_a} \quad (2)$$

4.3 Ensaio de abatimento ou slump teste

O ensaio teve execução de acordo com a norma ABNT NBR NM 67:1998. Esse teste consiste em recolher uma amostra do concreto executado e preencher o cone de Abrams em três camadas, aplicando com uma haste metálica 25 golpes distribuídos uniformemente a fim de adensá-las. Como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Execução do teste de abatimento.



Fonte: Autoria própria.

Após o adensamento, utilizando-se de uma colher de pedreiro, o topo do tronco de cone foi alisado para regularizar a superfície. Retirou-se em seguida o cone cuidadosamente, colocando-o ao lado da massa de concreto e a haste foi posta em cima para servir como referência. Com o auxílio de uma régua ou material similar, mediu-se o valor de abatimento, sendo determinado em centímetros.

4.4 Montagem de corpo de prova padrão

Moldou-se um corpo de prova (cilíndrico) padrão, sem adições, utilizando materiais previamente ensaiados em laboratório. Este corpo de prova serviu para encontrar a tensão resistente do concreto executado e futuramente comparou-se com as tensões dos concretos aditivados. A montagem dos corpos de prova cilíndricos seguiu a norma ABNT NBR 5738:2003, com o uso de moldes 10x20 cm. Foi aplicado desmoldante no interior do mesmo e o adensamento manual feito em

duas etapas, primeiramente preenchendo até a metade do recipiente com concreto e executando 12 golpes com uma haste metálica, em seguida preenchimento completo e mais 12 golpes com esta mesma haste.

Seguindo a norma NBR 7215/1996, feito o adensamento do material, é necessário deixar em um local plano e sem vibrações para a cura inicial ao ar, esta tendo um período de 24 horas, passadas tais horas os corpos devem ser colocados em um tanque de água para a cura final em água e lá devem permanecer até o momento de ensaio.

4.5 Montagem do corpo de prova com fibra de poliamida

Para a montagem do corpo de prova com fibra de poliamida foi seguido o mesmo procedimento citado no tópico anterior, sendo seguidas as normas (NBR 5738:2003 e NBR 7215:1996), porém se adicionou na mistura de concreto 4% de fibra de poliamida em sua composição a fim de comparar as tensões resistentes de compressão. O material foi cortado em pedaços de aproximadamente cinco centímetros, misturado ao concreto em sua devida proporção e então adensado dentro do corpo de prova. O material alternativo escolhido foi a 'linha de pesca', devido ao custo baixo e grande oferta no mercado. Pode ser observado na Figura 6 o concreto com aditivo.

Figura 6 – Concreto com material alternativo.



Fonte: Aatoria própria.

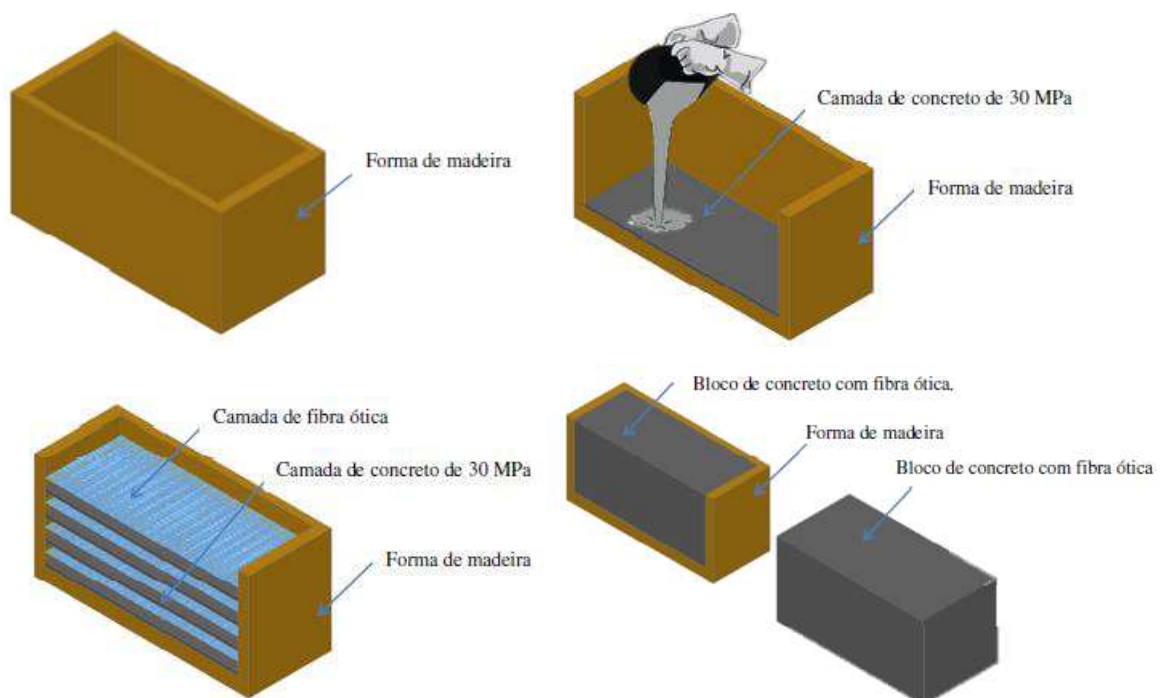
4.6 Métodos de ruptura dos corpos de prova

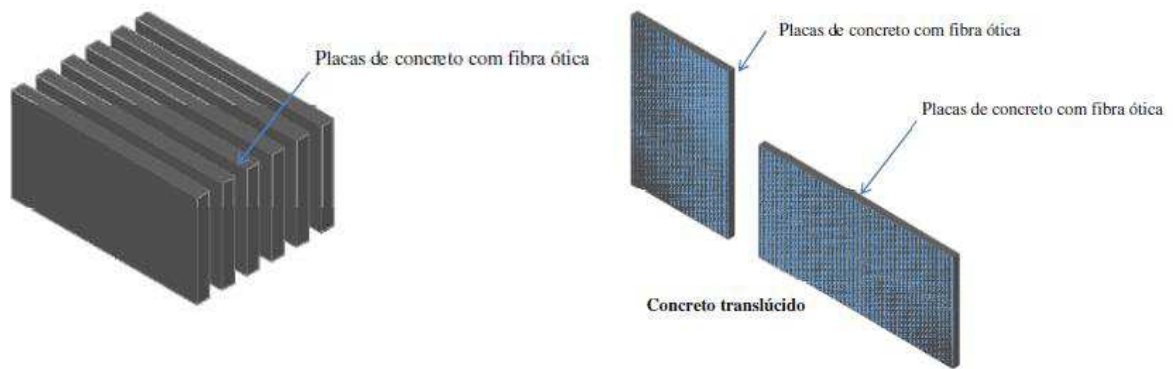
O ensaio realizado de resistência à compressão obedeceu à norma ABNT NBR 5739:1994. O rompimento dos corpos de prova deu-se no laboratório da UTFPR campus Campo Mourão. Antes do ensaio todo corpo de prova teve seu topo e base retificada para regularizar sua superfície e melhorar a qualidade do experimento. De acordo com a norma citada acima, a velocidade de carregamento foi na faixa de 0,3 a 0,8 MPa/seg. Os corpos de prova foram colocados no centro da máquina de maneira que os eixos coincidam e a carga aplicada continuamente até que o corpo se rompa. Rompeu-se os corpos de prova com 28 dias de cura.

4.7 Montagem do corpo de prova translúcido

O protótipo A, feito através da fabricação de uma caixa de madeira, sem tampa, de pequena dimensão, na qual se colocou camadas alternadas de concreto e linha de pesca. As camadas do material foram postas cuidadosamente, tendo a certeza que as duas extremidades toquem nas paredes internas da caixa, para que posteriormente permitirem a passagem de luz. Este processo pode ser visualizado melhor na Figura 7.

Figura 7 - processo de fabricação protótipo A.





Fonte: Adaptado, Restrepo (2013).

Na Figura 8, a seguir, observa-se a montagem do protótipo com 4% de adição.

Figura 8 - Fabricação do protótipo A.



Fonte: Autoria própria.

4.8 Ensaio de Translucidez

Para o teste de translucidez dos protótipos, utilizou-se de um luxímetro e uma caixa com um buraco no topo (câmara escura). Foram utilizados dados retirados da pesquisa feita por Restrepo (2013), nos quais foi medida a iluminação natural em três horários diferentes do dia, primeiramente com o luxímetro inserido na caixa sem nenhum tipo de obstrução no topo e em seguida cobre-se a caixa com o protótipo e é feita a leitura do aparelho, obtendo resultados da quantidade de luz que é permitida entrar.

Além da luz natural pode ser realizado teste com uma fonte artificial, como por exemplo, uma luminária de escritório ou equipamento similar.

A Figura 9 representam o metodo utilizado com luz natural.

Figura 9 – Caixa escura para teste de translucidez com luz natural.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 10 representa o método utilizado com luz artificial.

Figura 10 – Caixa escura para teste de translucidez com luz artificial.



Fonte: Autoria própria.

4.9 Uso de dados de trabalhos semelhantes

Uma publicação que tem como tema o concreto translúcido foi a de Restrepo (2013). Nele é possível observar uma gama de ensaios e informações sobre tal assunto. Dentre os resultados obtidos usando a fibra ótica, foram utilizados para fins de comparação os dados de rompimento de corpos de prova executados pela autora.

- **Resultados dos corpos de prova com adição de fibra ótica**

Foram selecionados os resultados com maior aproximação de 30 MPa. O Quadro 2 apresenta os resultados dos corpos de prova, de dimensões 10x20 centímetros, com adição de fibra ótica.

Quadro 2 – Resultados dos corpos de prova com adição fibra ótica.

| Corpo de Prova | Data da Moldagem | Data de Rompimento | Idade (dias) | Tensão (Mpa) | Média (Mpa) | Desvio padrão |
|----------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| 1 | 01/04/2013 | 08/04/2013 | 7 | 16,4 | 17,15 | ±0,75 |
| 2 | 01/04/2013 | 08/04/2013 | 7 | 17,9 | | |
| 1 | 01/10/2012 | 29/10/2012 | 28 | 9,91 | 9,45 | ±1,02 |
| 2 | 01/10/2012 | 29/10/2012 | 28 | 10,9 | | |
| 3 | 01/10/2012 | 29/10/2012 | 28 | 8,59 | | |
| 4 | 01/10/2012 | 29/10/2012 | 28 | 8,4 | | |

Fonte: Quadro do Autor.

De acordo com Restrepo (2013), a trabalhabilidade do concreto foi comprometida devido à adição de fibra ótica, além deste problema, foi observado um teor de argamassa insuficiente para o preenchimento total de vazios, assim comprometendo a resistência dos corpos de prova.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados dos ensaios de agregado miúdo e graúdo

Os resultados a seguir foram obtidos de ensaios executados pelo autor no Laboratório de materiais de construção civil seguindo as normas citadas anteriormente neste trabalho.

5.1.1 Determinação da Massa específica dos agregados

- **Agregado miúdo**

O procedimento consistiu em utilizar o frasco de Chapman para a determinação da massa específica do agregado miúdo.

Colocou-se 200 cm³ de água no frasco, em seguida foi adicionado, cuidadosamente, 500 gramas de agregado miúdo seco no frasco, após agita-lo para eliminação de bolhas de ar, foi feita a leitura do nível atingido pela água no gargalo, dando-se assim o volume em cm³ como pode ser visto na Figura 11. O procedimento foi repetido duas vezes.

Utilizando-se da Equação 1, obtemos o a média de resultados de 2,63 g/cm³.

Figura 11 – Frasco de Chapman.



Fonte: Autoria própria.

- **Agregado graúdo**

O procedimento consistiu em utilizar uma balança hidrostática para a determinação da massa específica do agregado graúdo.

Inicialmente foi tomada a amostra do agregado completamente seco, foi pesado um total de 1105 gramas do material, o peso do material foi limitado devido ao tamanho da cesta metálica disponível. Posteriormente o agregado foi submergido em água, com temperatura ambiente, por 24 horas. Após o período, o material foi levado a uma cesta metálica e submerso em um balde com água e a leitura da balança foi de 731 gramas. Utilizando a equação (2) o resultado foi de $2,95 \text{ g/cm}^3$. A Figura 12 demonstra o uso da balança hidrostática para obtenção dos resultados.

Figura 12 – Balança hidrostática.



Fonte: Autoria própria.

5.2 Resultados dos ensaios de Concreto

O traço utilizado para a confecção dos corpos de prova foi retirado do estudo de Restrepo (2013), para a possibilidade de comparação dos resultados de um corpo de prova com adição de fibra ótica com os executados sem adição e com fibra de poliamida. As dosagens de concreto, água e agregados podem ser observadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Quadro de dosagem de materiais para confecção de 6 corpos de prova 10x20 cm.

| Fc28 (MPa) | Fator A/C | Traço em peso | Cimento (Kg) | Areia (Kg) | Brita 0 (Kg) | Água (L) |
|------------|-----------|---------------|--------------|------------|--------------|----------|
| 30 | 0,52 | 1:1,91:2,87 | 6,3 | 12,04 | 18,09 | 3,27 |

Fonte: Adaptado, Restrepo (2013).

A ideia de realizar o teste de ruptura de corpos de prova consiste em verificar se a adição da fibra de poliamida altera consideravelmente a resistência do concreto. Foram rompidos três corpos de prova sem adição e três com 4% de “linha de pesca”. A resistência calculada era 30 MPa. Os quadros apresentam os resultados obtidos pelo ensaio de compressão nos corpos de prova (10x20 cm) em MPa.

5.2.1 Resultado do teste de abatimento

Ao ser executado o teste de abatimento de acordo com a norma, foi obtida uma medida, em centímetros, que representa a trabalhabilidade do concreto executado. Essa medida foi de 6,5 cm, como pode ser visto na Figura 13. Tal resultado demonstra um concreto com baixa trabalhabilidade e dificultou ainda mais o manejo do mesmo após a adição da fibra de poliamida.

Figura 13 – Resultado do teste de abatimento.



Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Resultados dos corpos de prova sem adição

O Quadro 4 apresenta os resultados dos corpos de prova, de dimensões 10x20 centímetros, sem adição alguma.

Quadro 4 – Resultados dos corpos de prova sem adição.

| Corpo de Prova | Data da Moldagem | Data de Rompimento | Idade (dias) | Tensão (Mpa) | Média (Mpa) | Desvio padrão |
|----------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| 1 | 10/09/2018 | 08/10/2018 | 28 | 26,53 | 27,43 | ±0,84 |
| 2 | 10/09/2018 | 08/10/2018 | 28 | 27,22 | | |
| 3 | 10/09/2018 | 08/10/2018 | 28 | 28,55 | | |

Fonte: Quadro do Autor.

Observa-se que os resultados foram satisfatórios, visando que a resistência a ser atingida após 28 dias era 30 MPa, demonstrando uma pequena margem abaixo do ideal. A Figura 14 representa um corpo de prova sem adição após seu rompimento.

Figura 14 - Corpo de prova rompido sem adição.

Fonte: Autoria própria.

5.2.3 Resultados dos corpos de prova com adição de 4% de fibra de poliamida.

O Quadro 5 apresenta os resultados dos corpos de prova, de dimensões 10x20 centímetros, com adição de 4% de fibra de poliamida (linha de pesca).

Quadro 5 – Resultados dos corpos de prova com adição de 4% de fibra 100% poliamida.

| Corpo de Prova | Data da Moldagem | Data de Rompimento | Idade (dias) | Tensão (Mpa) | Média (Mpa) | Desvio padrão |
|----------------|------------------|--------------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| 1 | 10/09/2018 | 08/10/2018 | 28 | 23,12 | 23,82 | ±0,53 |
| 2 | 10/09/2018 | 08/10/2018 | 28 | 23,95 | | |
| 3 | 10/09/2018 | 08/10/2018 | 28 | 24,41 | | |

Fonte: Quadro do Autor.

Nesses resultados pode-se observar uma queda na resistência do concreto, acredita-se que esse ponto negativo deve-se à má aderência da fibra no concreto, como podemos observar na Figura 15.

Figura 15 - Corpo de prova rompido com adição.

Fonte: Autoria própria.

5.3 Resultados dos testes de translucidez

São apresentados resultados experimentais de ensaios de intensidade luminosa utilizando o protótipo executado pelo autor. As medições foram feitas às 09h00min da manhã, 12h00min do meio dia e 15h00mm da tarde, realizados no dia 06 de Novembro de 2018 e medições feitas através de luz artificial utilizando uma luminária de escritório. Devido à falta de um luxímetro, foi-se utilizado o aplicativo para celular “Medidor de Luz” feito e certificado pela empresa O2 Led Illumination, com a mesma finalidade, todas as medidas são dadas em lux.

O experimento consiste em utilizar uma caixa com um furo no topo e medir inicialmente com esse furo desobstruído e em seguida com o painel executado pelo autor.

5.3.1 Resultado experimental de luz natural

Os resultados, demonstrados no Quadro 6, são da medição executada em 06 de Novembro de 2018, utilizando o painel de concreto com 4% de fibra de poliamida. Foram utilizados dados de Restrepo (2013), quanto a medição com fibra ótica para ser feita juntamente uma comparação com um painel executado com fibra ótica.

Quadro 6 – Resultados de iluminação natural com protótipo.

| Tipo de medição | Horário | Lux | % de transmissão de luz |
|--------------------------------------|----------|-------|-------------------------|
| Sem painel | 9h00min | 24302 | 100% |
| | 12h00min | 65535 | 100% |
| | 15h00min | 35246 | 100% |
| Painel com fibra 100% poliamida (4%) | 9h00min | 315 | 1,3% |
| | 12h00min | 1050 | 1,6% |
| | 15h00min | 675 | 1,9% |
| Com painel fibra ótica (4%) | 9h00min | - | 4% |
| | 12h00min | - | 11% |
| | 15h00min | - | 4% |

Fonte: Quadro do Autor.

Observa-se que a passagem de luz com o painel feito com a “linha de pesca” é extremamente limitada, sendo a maior porcentagem de transmissão de luz em comparação ao teste sem painel de 1,9% e em comparação ao painel executado com fibra ótica de 9,1% de diferença. Os resultados demonstram que a fibra de poliamida tem uma passagem de luz inferior à fibra ótica, não alcançando os resultados esperados.

5.3.2 Resultado experimental de luz artificial

Os resultados, demonstrados no Quadro 7, são da medição executada em 06 de Novembro de 2018, utilizando o painel de concreto com 4% de fibra de poliamida. Os testes foram realizados durante a noite para que nenhuma outra forma de luz interferisse no resultado. Foram utilizados dados de Restrepo (2013), para ser feita juntamente uma comparação com um painel executado com fibra ótica.

Quadro 7 – Resultados de iluminação natural com protótipo.

| Tipo de Medição | Horário | Lux | % de Transmissão |
|--------------------------------------|----------|------|------------------|
| Sem painel | 21h00min | 1500 | 100% |
| Painel com fibra 100% poliamida (4%) | 21h00min | 16 | 1,06% |
| Com painel fibra ótica (4%) | 21h00min | - | 4% |

Fonte: Quadro do Autor.

Novamente observa-se a inferior passagem de luz no painel feito com a “linha de pesca”, sendo a melhor porcentagem de transmissão de luz em comparação ao teste sem painel de 1,06% e em comparação ao painel executado com fibra ótica dando uma diferença de 2,94%.

5.4 Preços comparativos entre Fibra ótica e Fibra de poliamida

Obteve-se a “linha de pesca” em uma loja presente no Município de Campo Mourão e o preço da fibra ótica foi encontrado através de uma média de valores presentes em sites de vendas, no qual os modelos pesquisados são similares à fibra que seria coletada inicialmente da empresa de comunicações.

Para a determinação da quantidade de fibra de poliamida e de fibra ótica necessária para completar 4% do volume de um corpo de prova, foi utilizada a equação (3), sendo $6,283 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ 4% do volume de um corpo de prova, A_f a área transversal da fibra em metros quadrados e m a quantidade necessária em metros.

$$m = \frac{6,283 \cdot 10^5}{A_f} \quad (3)$$

O Quadro 8, além do preço por metro, leva em conta a quantidade que seria necessária de ambos materiais para execução de um corpo de prova 20x10 cm com 4% de volume de adição e também o preço total por corpo de prova.

Quadro 8 – Comparação de preços entre materiais.

| Material | Preço (R\$/m) | Quantidade necessária p/ 1 CP (m) | Preço total (R\$) |
|--------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------|
| Fibra de poliamida | 0,21 | 80 | 16,8 |
| Fibra ótica | 0,95 | 320 | 304 |

Fonte: Quadro do Autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos diversos experimentos e ensaios realizados durante este trabalho, foi possível conhecer melhor os materiais e métodos para obtenção do concreto translúcido.

Verificou-se que o material escolhido para a substituição não apresenta grande alteração na resistência do concreto comum, sendo possível seu uso para fins estruturais, como a execução de ondulações transversais. A perda de resistência na comparação do concreto aditivado e concreto comum é de 13,15%, sendo uma porcentagem razoavelmente baixa, levando em conta a adição de um material que possui baixa aderência, já que seu exterior é liso.

Ao se comparar a fibra de poliamida com a fibra ótica, observa-se o preço da primeira sendo de aproximadamente R\$ 0,21 por metro e o segundo material custando R\$ 0,95 por metro, dando uma diferença de 77,9% no preço. Outra razão que encarece o uso de fibra ótica é o seu volume, sendo necessária uma grande quantidade em metros para suprir pequenos volumes. Deste modo, o uso de “linha de pesca” se torna viável como alternativa para redução de custos.

Pelo fato de não existir uma casca exterior que auxilie a refração em seu interior, a perda de luz da fibra de poliamida é de 1,9% de passagem de luz. Para a fibra ótica esse desempenho é de 11%, apresentando uma redução de 82,73% de iluminação.

Sugere-se que utilizar uma maior porcentagem de fibra incorporada no concreto, para melhorar esse aspecto falho, e o uso de um material com maior resistência, tornando tangível a possibilidade de execução e uso de uma ondulação transversal feita com concreto translúcido. Além disso, também se sugere analisar a degradação da fibra de poliamida pelo tempo de uso e exposição às intempéries.

7 REFERÊNCIAS

66/260. IMPROVING GLOBAL ROAD SAFETY. **United Nations**. Nova Iorque, 2012.
 ACIDENTES DE TRANSITO MATAM 1,25 MILHÃO DE PESSOAS NO MUNDO POR ANO. **Organização Mundial da Saúde**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/>> Acesso em: Nov. 2018.

ACIDENTES DE TRÂNSITO. **Organização Mundial da Saúde**. Folha Informativa. Brasília, 2016. Disponível em: <<https://www.paho.org/>> Acesso em: Nov. 2018.
 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1987.

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

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 52: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente**. 2009.

ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. 2009.

BAGNATO, Vanderlei S.. **Revista Brasileira de Ensino de Física vol. 20**. Revista Tecnológica. Instituto de Física de São Carlos – USP, 1997.

BARBOSA, Heloisa M.; MOURA, Mariana V.. **Ondulações Transversais para Controle da Velocidade Veicular**. Artigo Científico. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

BRANCO, Adriano M. **Segurança Rodoviária**. Editora CL-A Cultural, 1999.
 CARVALHO, João Dirceu Nogueira de. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. Revista Tecnológica. Departamento de Engenharia Civil Universidade Estadual de Maringá, 2008.

DER/PR. **Obras Complementares: Ondulações Transversais e Sonorizadores**. Especificação de Serviços Rodoviários. Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná, 2005.

LITRACON. **Light Transmitting Concrete.** 2018 Disponível em: <<http://www.litracon.hu/en>>. Acesso em: Jun. 2018.

MALDONADO, Edison Puig; MATOS, Dinaldo de Castilho. **Aspectos fundamentais da Tecnologia de Fibras Ópticas.** Centro Universitário São Camilo. Disponível em: www.pt.scribd.com. Acesso em Maio de 2013.

NETO, Nicolau P.; SUGUIMOTO, Wilson; CAMANHO, Ayrton. **NT 101/84 - Instalação de Obstáculos – Lombadas.** Nota Técnica. Companhia de Engenharia de Tráfego – São Paulo, 1984.

REGIO, Maurício. **1.000 relatórios de investigação de acidente de trânsito fatal São Paulo.** Boletim Técnico. Companhia de Engenharia de Tráfego, 2012.
Relatório Anual Seguradora Líder – DPVAT 2017. Relatório. Seguradora Líder, 2017.

RESTREPO, Laura Margarita. **Concreto translúcido: estudo experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica e suas aplicações na arquitetura.** Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2008.

SOUZA, Sayonara M. P.; DINIZ, Marineide J.. **Concreto Translúcido – Luz natural para ambientes fechados.** Revista Eletrônica. Universidade de Goiás, 2017.