

CONCRETO TRANSLÚCIDO NA ARQUITETURA CARCERÁRIA

Maximiliano dos Anjos Azambuja ¹

Lucas de Castro e Silva ²

RESUMO

A sociedade brasileira encontra-se em momento de extrema perplexidade em face do paradoxo que é o atual sistema carcerário brasileiro. Uma solução imaginada para reduzir o consumo de energia elétrica e tornar o local mais humano, através da arquitetura, é o estudo do uso do concreto translúcido como possibilidade de passagem de luz natural transversalmente às paredes. A inovação tecnológica da adição de fibras óticas na composição do concreto permitirá a elaboração de projetos arquitetônicos inovadores para reformatórios por meio da passagem de luz natural transversalmente às paredes. Promover no indivíduo a sensação de liberdade em ambiente de reabilitação por meio do uso do concreto translúcido em prisões promoverá uma recuperação mais humanizada. O presente trabalho analisará as características deste material, sua composição, dosagem e processo de fabricação do concreto translúcido disponíveis na literatura com o objetivo de projetar prisões com este novo material de construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: concreto translúcido, passagem de luz, iluminação arquitetônica.

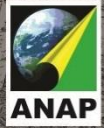
TRANSLUCENT CONCRETE IN PRISON ARCHITECTURE

ABSTRACT

Brazilian society is in a moment of extreme perplexity in the face of paradox that is the current Brazilian prison system. An imagined solution to reduce energy consumption and make more human place, through architecture, is the study of the use of translucent concrete as possible of natural light pass across the walls. Technological innovation of adding optical fibers in concrete composition will allow the development of innovative architectural projects to reformatories through the passage of natural light across the walls. Promote the individual the feeling of freedom in rehabilitation environment through the use of translucent concrete in prisons will promote a more humane recovery.

¹ Engenheiro Civil, UNESP, Faculdade de Engenharia de Bauru, maximilianoazam@feb.unesp.br.

² Arquiteto, UNESP, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, lucascastrocgs@gmail.com.



This paper will examine the characteristics of this material, its composition, mixing and manufacture of translucent concrete in the literature to design prisons with this new construction material.

KEYWORDS: *translucent concrete, Light passage, architectural lighting.*

CONCRETO TRANSLÚCIDO EN ARQUITECTURA PRISIÓN

RESUMEN

La sociedad brasileña está en un momento de perplejidad extrema ante la paradoja de que es el sistema penitenciario brasileño actual. Una solución imaginada para reducir el consumo de energía y hacer más lugar humano, a través de la arquitectura, es el estudio de la utilización del hormigón translúcido como sea posible la luz natural pasar a través de las paredes. La innovación tecnológica de añadir fibras ópticas en la composición concreta que permitirá el desarrollo de proyectos arquitectónicos innovadores para reformatorios a través del paso de la luz natural a través de las paredes. Promover el individuo la sensación de libertad en el entorno de rehabilitación a través del uso del hormigón translúcido en las prisiones promoverá una recuperación más humano. En este trabajo se analizará las características de este material, su composición, mezcla y fabricación de hormigón translúcido en la literatura para diseñar prisiones con este nuevo material de construcción.

PALABRAS CLAVE: *hormigón translúcido, Paso de la luz, iluminación arquitectónica.*

Introdução

A questão da punição passou por um processo evolutivo/involutivo da tortura corporal para a tortura da alma, num espaço inadequado, com penas inadequadas à reinserção social (mas talvez adequada do ponto de vista da vingança social), colocando em questão as normas penais em detrimento dos seus objetivos teóricos, instigando à investigação do espaço como adequado ou inadequado ao seu verdadeiro fim (FOUCAULT, 1977).

O Brasil tem hoje a quarta maior população carcerária do mundo, com mais de meio milhão de pessoas presas. A imensa maioria é homem, pobre e negra. A população carcerária brasileira cresceu 380% em vinte anos, enquanto a taxa de crescimento vegetativo da população não passou de 30%. Por trás dos números, cultiva-se um sistema prisional violador de valores, da lei e de qualquer parâmetro razoável de eficiência. Ou seja, um sistema inaceitável, ilegal e ineficiente (NADER, 2014).

As espécies e apenamento privativo de liberdade, no Brasil, são a reclusão, que pode ser cumprida em regime fechado, semi aberto ou aberto, e a detenção, que pode ser cumprida em regime semi-aberto ou aberto[...] Já existe uma certa incoerência nos requisitos considerados básicos pela LEP para a unidade celular, uma vez que é complicado alcançar bons níveis de salubridade em um espaço de seis metros quadrados. Considerando, ainda, que a grande maioria dos estabelecimentos penais existentes no país está sujeita à superlotação, em que uma cela com capacidade para duas pessoas chega a ser ocupada por vinte, as condições de salubridade são claramente impossíveis (Yih Sun, 2008).

A desestruturação do sistema prisional traz à baila o descrédito da prevenção e da reabilitação do condenado. Nesse sentido, a sociedade brasileira encontra-se em momento de extrema perplexidade em face do paradoxo que é o atual sistema carcerário brasileiro, pois de um lado temos o acentuado avanço da violência, o clamor pelo recrudescimento de pena e, do outro lado, a superpopulação prisional e as nefastas mazelas carcerárias (ARRUDA, 2010).

O concreto translúcido pode ter uma aplicação direta em locais como prisões, onde se necessita de resistência com a colocação de paredes espessas de concreto, e entrada de luz por meio da fibra ótica, a qual conduz a luz natural nas celas e no interior do ambiente prisional, garantindo segurança e bem estar (CADAVID RESTREPO, 2013).

A arquitetura prisional ainda é pouco explorada e os projetos arquitetônicos são difíceis de localizar e os poucos que existem, ou são insatisfatórios, ou existem apenas nos campos das ideias. Diante de um contexto tão inusitado e complexo, é compreensível que surja um certo interesse em se fazer uma análise acerca das influências da arquitetura prisional sobre a pena privativa de liberdade, bem como suas intenções formais. O espaço em que o condenado vive tem algum reflexo na busca de sua recuperação social (Yih Sun, 2008).

Com base nos questionamentos iniciais sobre o sistema prisional justifica-se a referente pesquisa, buscando trazer um pouco de humanidade a esses locais, cuja principal função deveria ser a recuperação e não a penitência.

Iluminação com fibra ótica e o concreto translúcido

Segundo Campos (2002) a fibra ótica para iluminação de espaços tem ganhado grande importância, formando parte das obras arquitetônicas modernas, onde se emprega cada vez mais devido a sua característica que permite iluminar em um circuito luminoso [...] Pode-se dizer que a fibra ótica transporta luz do sol desde qualquer ponto de um edifício até os lugares mais remotos. O sistema é simples, sua colocação em fachadas ou paredes internas e nas lajes, permite entrada de luz solar e ser direcionada a qualquer ponto do edifício.

Segundo Campos (2002) a composição básica de fibras óticas é de materiais dielétricos com uma estrutura cilíndrica, composta de uma região central, que denominamos núcleo, que é por onde a luz trafega, e uma região periférica, denominada casca, que envolve completamente o núcleo. As dimensões vão variar conforme o tipo da fibra, podendo ser de 8 micrometros até 200 micrometros, e a casca de 125 micrometros até 240 micrometros.

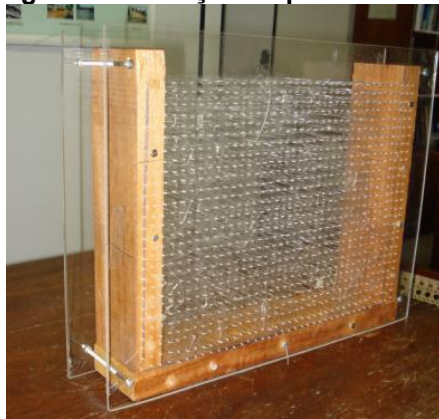
Segundo Uribe (2010) seu funcionamento ocorre graças a passagem de luz, que percorre de uma extremidade à outra da fibra, refletindo-se várias vezes nas paredes da interface que mandam o feixe de volta para o núcleo. Por possuir dimensões muito pequenas, os filamentos, ao ser adicionado na mistura para a fabricação do concreto, torna-se um componente do material, como agregado do composto, resultando em algo novo, homogêneo em sua estrutura e com características únicas.

Para a fabricação do concreto translúcido, Coelho (2010), utilizou-se dos seguintes traços de materiais: 1. Cimento portland CP III-Z RS; 2. Agregados graúdos de origem calcária, com tamanho máximo igual a 6,3 mm, e areia natural de rio com modulo de finura menor que 3,2; 3. Aditivo superfluidificante (policarboxilato

modificado); As fibras ópticas que conduzem a luz e 5. Água de amassamento proveniente do serviço público de abastecimento.

Uma vez determinada a composição do concreto foram realizados ensaios para determinar a fluidez adequada do concreto que assegure a capacidade de passagem entre as fibras ópticas sem defeitos ou segregação. Para a produção dos blocos de Concreto Translúcido foram utilizadas fôrmas prismáticas fabricadas com chapas de acrílicos com 3 mm de espessura. As chapas foram previamente perfuradas de maneira a permitir a colocação das fibras ópticas, no sentido transversal, obedecendo a uma matriz previamente determinada conforme figura 1.

Figura 1: Produção de placa de concreto translúcido e disposição das fibras ópticas.



Fonte: Coelho, 2010.

Coelho (2010) afirma que o concreto translúcido permitiu uma iluminação de interiores sem provocar o aquecimento dos ambientes; apresentou importante apelo estético e funcional permitindo ao projetista a exploração de novos modelos, criando ambientes interativos entre a luz e as estruturas de concreto.

Gomes et al (2013) comentaram que para produção de um concreto translúcido, as fibras ópticas são dispostas no bloco, paralelamente, e com as extremidades expostas nas superfícies que ficarão aparentes por meio das quais ocorrerá a transmissão de luz, natural ou artificial. Assim, o feixe de luz ao incidir na superfície da peça, atravessa o material e ilumina o meio oposto. Como as fibras

estão intercaladas com a massa do concreto, que é opaca, produz o efeito translúcido. É dessa forma que os objetos dispostos no meio iluminado pelas fibras, são vistos de forma sombreada, com pouca distorção em relação aos respectivos objetos, sendo também possível em algumas vezes perceber suas cores (Figura 2).

Figura 2: Ensaio de compressão e fendilhamento após ruptura à compressão para Visualização das fibras embutidas na matriz cimentícia.



Fonte: Gomes et al, 2013.

Cadavid Restrepo (2013) estudou as propriedades do concreto produzido com diferentes teores de adição de fibra ótica em um mesmo traço de concreto. Produziu-se diferentes formas, métodos e moldes: 1. ensaio em forma de isopor sem nenhum método de esticamento das fibras; 2. ensaio feito com forma de isopor e um método eficiente de esticamento das fibras óticas; 3. método com a placa de isopor de dimensões maiores e as fibras desordenadas; e 4. método com placa de madeira e com as dimensões e posicionamento das fibras descritos anteriormente. As figuras 3, 4 e 5 ilustram a luz direta perpassando o concreto translúcido. A autora estudou vários modelos com o objetivo de evitar falhas na superfície do concreto translúcido e buscou uma resistência de 30 MPa para garantir sua aplicação estrutural. Os resultados de resistência a compressão para corpos de prova sem adição de fibras foram de 26,2 MPa (7 dias) e 34,1 MPa (28 dias) e com adição de fibra ótica apresentaram 17,1 MPa (7 dias).

Figuras 3: fibras ordenadas.



Fonte: Cadavid Restrepo, 2013.

Figuras 4: método com a placa de isopor de dimensões maiores e as fibras desordenadas.



Fonte: Cadavid Restrepo, 2013.

Figuras 5: Método com placa de madeira e com as dimensões e posicionamento das fibras.



Fonte: Cadavid Restrepo, 2013.

Materiais, métodos e resultados

Apresenta-se a caracterização dos agregados utilizados no procedimento de dosagem de concreto, dosagem experimental e um protótipo de projeto de prisão com possíveis locais de aplicação do concreto translúcido.

A tabela 1 apresenta os resultados obtidos na caracterização dos agregados necessários para o estudo da dosagem do concreto.

Tabela 1. Resultados da caracterização dos agregados.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS AGREGADOS			
ENSAIOS	NORMA	AREIA	BRITA 1
Massa unitária no estado solto seco (kgf/dm ³)	NM 45/06	1,66	1,70
Massa unitária no estado compactado seco (kgf/dm ³)	NM 45/06	1,84	1,77
Massa específica (g/cm ³)	NBR 9776	2,67	2,95
Módulo de finura	NM 248/03	2,2	6,44
Dimensão Máxima Característica (mm)	NM 248/03	4,9	19
Coeficiente de inchamento	NBR 6467/87	1,45	----
Umidade crítica (%)	NBR 6467/87	3,7	----
Teor de argila e matérias friáveis (%)	NM 49/01	0,086	----
Teor de matéria orgânica	NM 7218/87	Adequado	----

O Traço 1 produzido foi composto pelos materiais brita1, areia, cimento e água, sem aditivo plastificante. O Traço 2 será produzido com aditivo plastificante e o Traço 3 será produzido com aditivo plastificante e fibras óticas no transcorrer desta iniciação científica para comparação no futuro com o Traço 1. Foram utilizadas as normas NBR 5738 (moldagem e cura) e NBR 5739 (resistência à compressão) para avaliação experimental.

Os materiais foram pesados e separados, as formas foram umedecidas e enfileiradas sobre a mesa vibratória e o material para o teste “slump”, preparado ao lado da betoneira. A betoneira utilizada possui um volume de 350 l. Separou-se uma porção de cimento e areia, utilizada para imprimir a superfície interna da betoneira, quando do primeiro uso. O concreto foi colocado no cone e adensado em 3 camadas, com 25 golpes cada. Com a retirada do cone, observou-se a superfície compacta, praticamente sem vazios. O adensamento com vibrador foi feito, cuidando para que o concreto preenche-se todos os recantos das fôrmas, evitando uma vibração prolongada demais, pois esta poderia provocar a desagregação do concreto.

Os corpos de prova permaneceram em uma superfície horizontal, rígida e sem vibração, por um período de 24 horas. Os corpos de prova foram desmoldados por um período de 24 horas após o momento da moldagem e armazenados em uma solução de hidróxido de cálcio até o momento do ensaio. Antes de ensaiar os corpos de prova, foi necessário preparar suas bases, de modo que se tornem superfícies planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova.

A escolha da relação a/c foi feita em função da resistência mecânica do concreto desejada de 25 MPa, com base na Curva de Walz, visando o abatimento do tronco de cone de 60 mm a 80 mm, e sendo a dimensão máxima do agregado graúdo de 19 mm, obteve-se uma estimativa de 195 l/m³ de água.

A Tabela 2 apresenta a proporção em massa dos materiais utilizados na dosagem experimental do Traço 1.

Tabela 2. Proporção em massa dos materiais utilizados na dosagem, Traço 1.

Insumos	Massa (Kg)	Traço unitário (massa)
Cimento	17,6	1
Areia	36,3	2,05
Brita	69,7	3,95

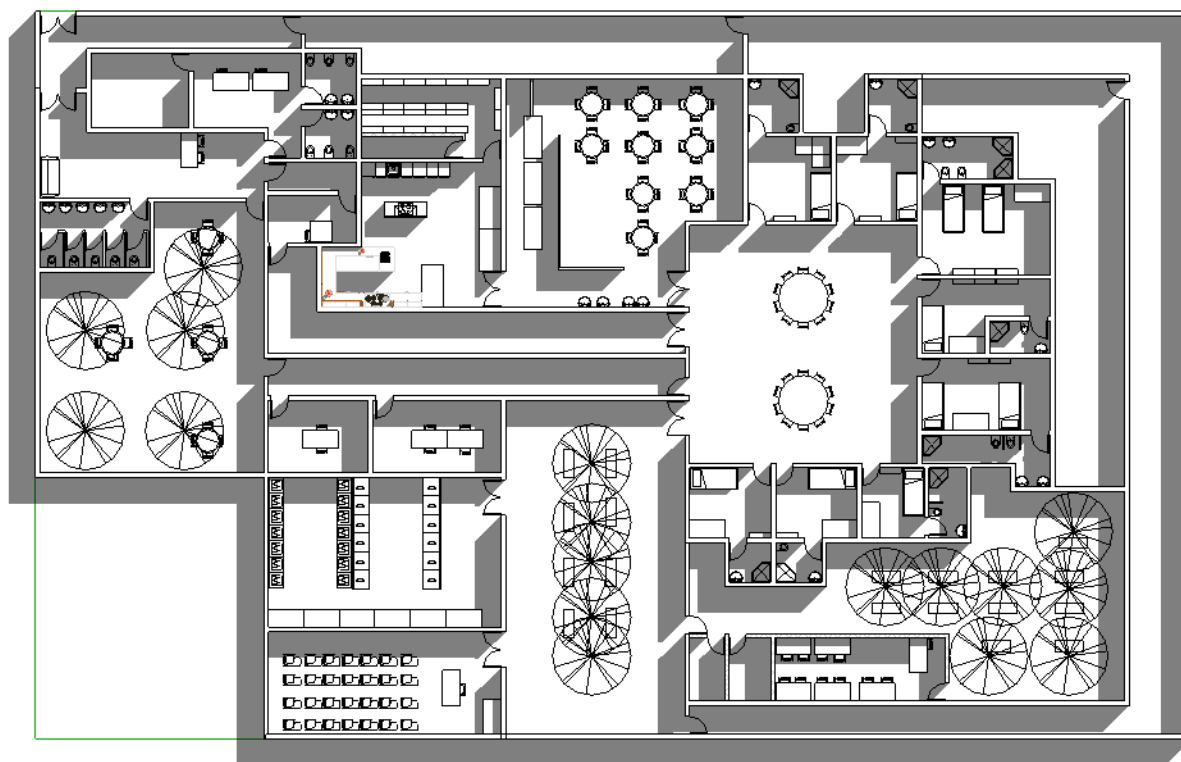
A Tabela 3 apresenta os resultados da ruptura à compressão na idade de 28 dias para o Traço 1.

Tabela 3. Resultados da ruptura à compressão de corpos de prova na idade de 28 dias, Traço 1.

Corpo de prova	Tensão Ruptura (MPa)
Média (12 corpos de prova de concreto)	26,34
Desvio Padrão	2,41
Coefficiente de Variação (%)	9,14

Os resultados do estudo arquitetônico da prisão com concreto translúcido são apresentados a seguir. Foi produzido um protótipo arquitetônico de reformatório para 20 a 30 detentos com toda a infraestrutura possível para sua total reinserção na sociedade. Utilizou-se o concreto translúcido, estrategicamente, em paredes permitindo uma melhor iluminação e conseqüentemente reduzindo o consumo de energia elétrica na edificação. A Figura 1 apresenta o projeto do reformatório modelo com indicações de sombra.

Figura 1: Projeto de Reformatório modelo com indicações de sombra.



Fonte: Autores, 2015.

Um dos maiores revezes de um projeto de prisão vem do seu ambiente insalubre: escuro e com pouca vegetação. A concepção arquitetônica errônea da edificação pode abalar psicologicamente o interno e dificultar sua reabilitação. Outros obstáculos é o local adequado para seu aprendizado e qualificação profissional para o retorno a sociedade. Pensando nisso, a proposta do projeto de reformatório foi concebida com um número aceitável de espaços abertos, salas de aula, espaços de convivência e celas, visando condições básicas de salubridade, além de economia em iluminação.

Haverá locais adequados para o detento trabalhar na cozinha, na limpeza e na lavanderia, conforme figuras 2 e 3. Existem três áreas abertas para uso do detento: duas para uso em dias comuns, para o “banho de sol” e uma para receber visitantes. Ainda, uma sala de aula para 24 pessoas, uma sala de informática e um

ambiente comum que dá acesso às salas, podendo ser utilizados para seções de terapia coletiva.

Figura 2: Planta baixa com nome dos ambientes.

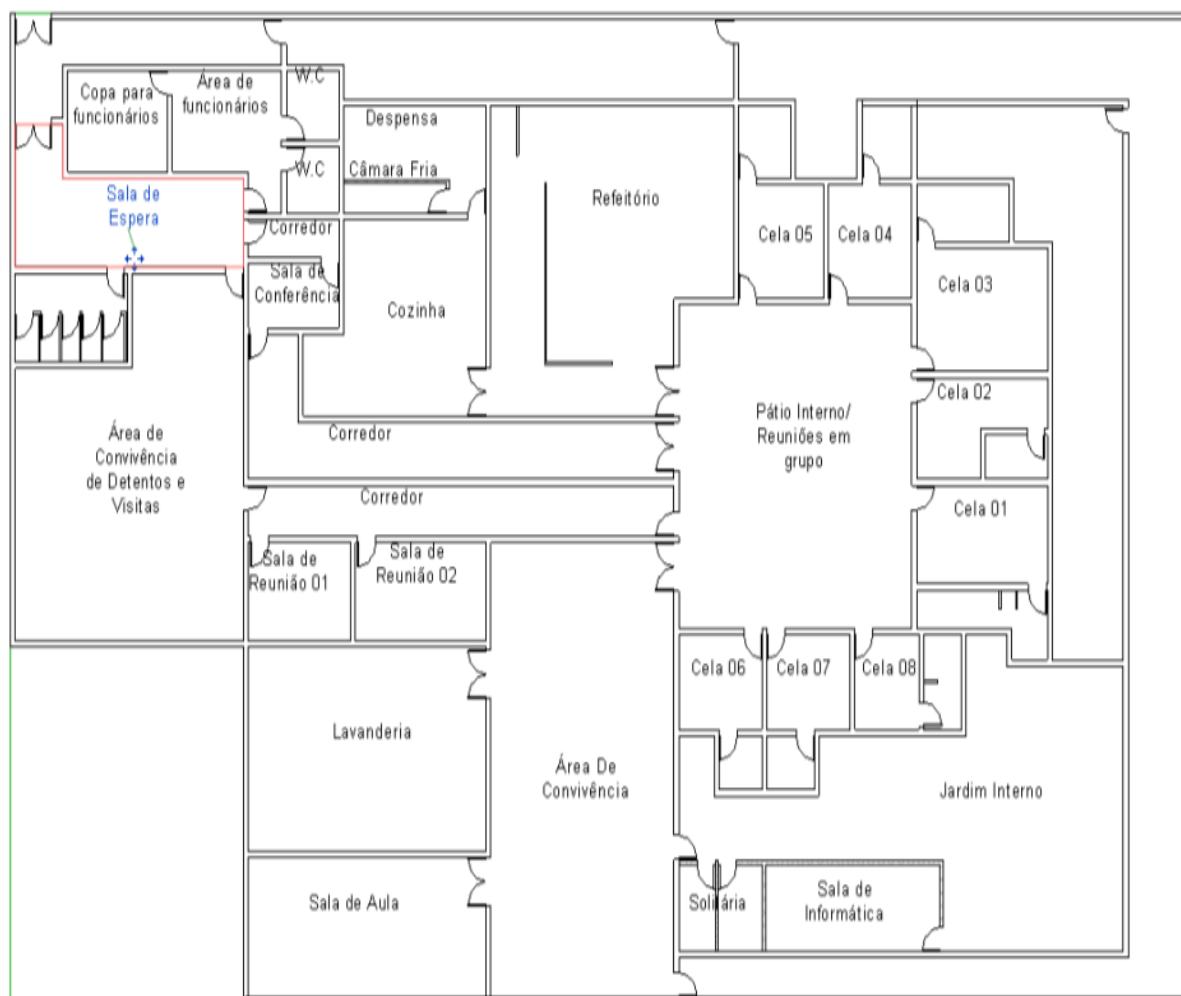


Figura 3: Ambientes destacados- em amarelo, aqueles destinados a reinserção na sociedade, em verde as áreas ao ar livre, e em rosa, ambientes em que o detento trabalharia.



Como resultado do estudo arquitetônico da prisão ilustra-se os possíveis locais de aplicação do concreto translúcido, conforme figura 4. Logicamente, a quantidade de paredes construídas com concreto translúcido poderá ser ampliada e readequada conforme exigências de cada projeto. Não existe a necessidade de reforçar as paredes da carceragem confeccionadas com o concreto translúcido, pois a resistência mecânica alvo da pesquisa é segura para esta finalidade. A figura 5 apresenta detalhes das paredes e janelas de ventilação (toda a extensão da cela) com ventilação cruzada.

Figura 4: Em vermelho, são as paredes construídas com a técnica do concreto translúcido.

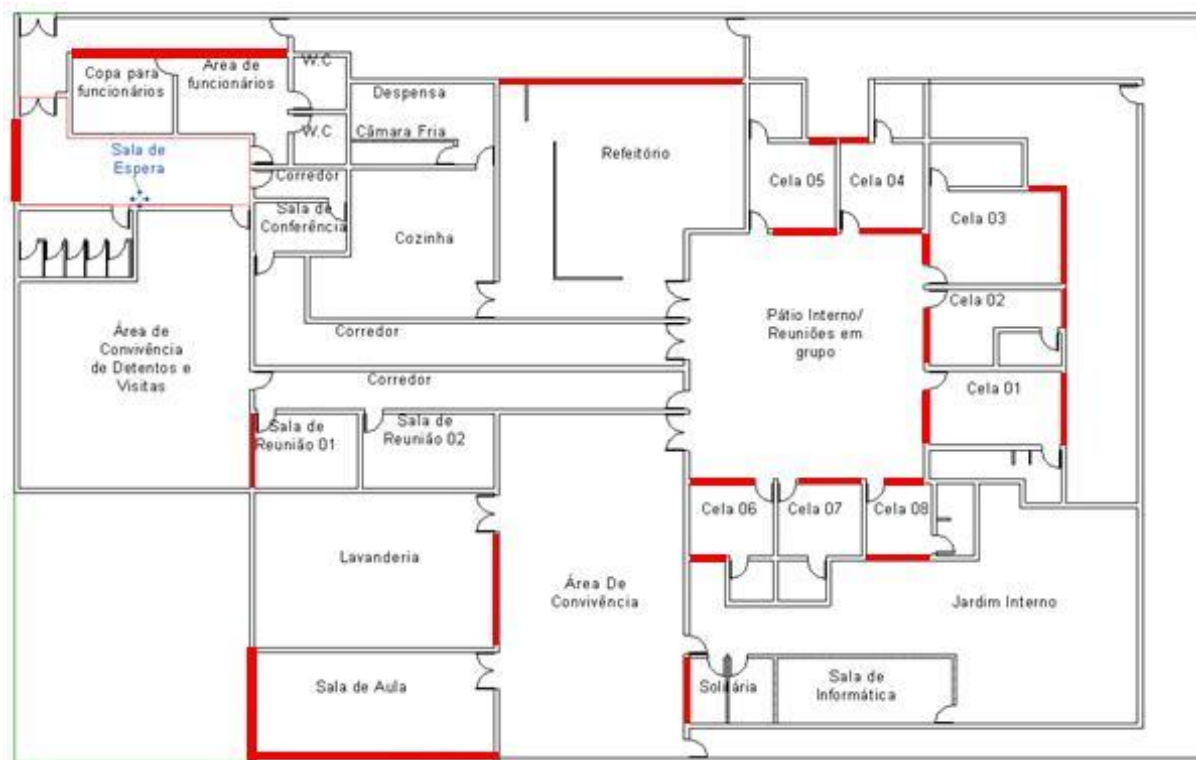
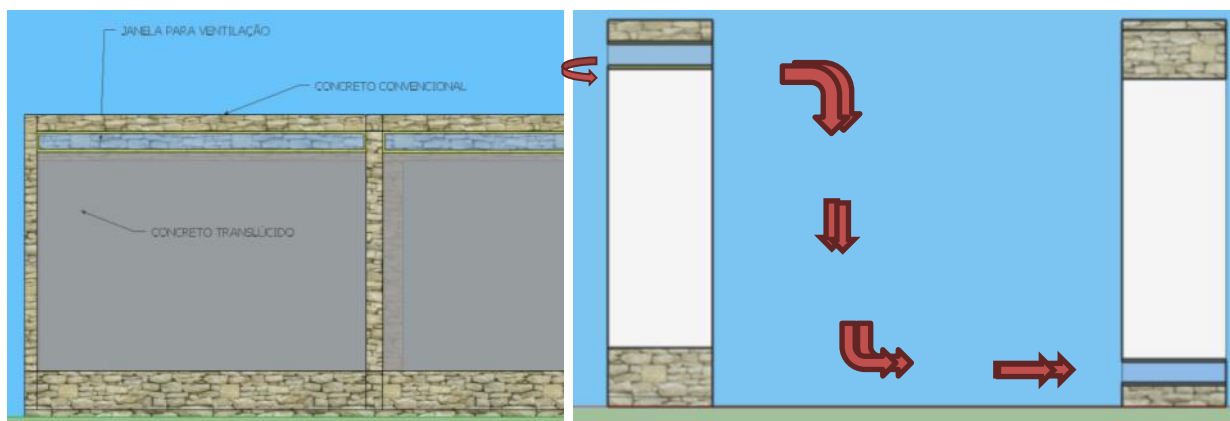


Figura 5: Detalhes das paredes das celas construídas com a técnica do concreto translúcido.



Conclusão

Realizou-se a caracterização experimental dos agregados e a dosagem experimental do concreto sem aditivo. Os resultados atingiram a resistência prevista de 25 MPa e o traço será utilizado como base para fabricação de placas de concreto translúcido para testes de resistência à compressão e de avaliação luminotécnica. A resistência de 25 MPa é segura para aplicação em carceragem.

O protótipo de projeto arquitetônico da prisão com aplicação do concreto translúcido foi elaborado e apresentado com a finalidade de discutir a incorporação do novo material de construção civil em prisões brasileiras.

A sequência dos estudos prevê a execução das placas de concreto com a adição de fibras óticas para produzir o concreto translúcido necessários aos ensaios luminotécnicos e dosagem de corpos de prova cilíndricos com a adição de fibras óticas para avaliação da resistência à compressão. A pesquisa bibliográfica progrediu no estudo das técnicas e procedimentos utilizados para dosagem experimental do concreto translúcido, isto facilitará a execução da segunda etapa desta iniciação científica. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade dos autores e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (processo nº 2014/18205-0).

Referências

ARRUDA N. S. **Sistema carcerário brasileiro: a ineficiência, as mazelas e o descaso presentes nos presídios superlotados e esquecidos pelo poder público.** Revista virtual Visão Jurídica.



Disponível em: <<http://revistavisaojuridica.uol.com.br/advogados-leis-jurisprudencia/59/artigo213019-1.asp>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, p.1-9, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, p.1-8, 2007.

CADAVID RESTREPO, L. M. **Concreto translúcido**: estudo experimental sobre a fabricação de painéis de concreto com fibra ótica e as suas aplicações na arquitetura. 2013. 134 f. (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2013.

CAMPOS, A. L. G. **Fibras ópticas: uma realidade reconhecida e aprovada**. Boletim bimestral sobre tecnologia de redes produzido e publicado pela RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Vol. 6, n 2, 2002. Disponível em: <<http://www.nap.edu/books/0309074029/html/>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

COELHO, F. C. A. Desenvolvimento e aplicação do Concreto Translúcido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 52., 2010, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza: 2010. IBRACON, p. 30-45.

FOUCAULT, M. **Vigiar e punir: nascimento da prisão**. Trad. Lígia M. P. Vassalo. Petrópolis, Vozes, 1977.

GOMES, C.E.M; PIRES, A; MOREIRA, H. Concreto Translúcido: Premissas de Durabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 55., 2013, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais...** Gramado: 2013. p. 70-85.

NADER, L. **Inaceitável, ilegal e ineficiente: as falências do sistema prisional brasileiro**. Repórter Brasil. Sistema prisional Maranhense. Disponível em: < <http://reporterbrasil.org.br/2014/01/inaceitavel-ilegal-e-ineficiente-as-falencias-do-sistema-prisional-brasileiro>>. Acesso em: 07 jun. 2015.

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L.; REZENDE, J. O. Influência da correção e do preparo do solo sobre algumas propriedades químicas do solo cultivado com bananeiras. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Anais...** Petrolina: EMPRAPA, CPATSA, 1994. p. 3-4.

URIBE, L. J. M. **Desenvolvimento e avaliação de argamassa translúcida com fibra ótica polimérica**. 2010. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico – CTC, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

YIH SUN, É. W. **Pena, prisão, penitência**. 2008. 264 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2008.