PROTEÇÃO DE ESTRUTURA INTERROMPIDA COMO PREVENÇÃO DA DEGRADAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

E. POSSAN
Engenheira Civil, Professora
UNILA/PGECI
Foz do Iguaçu/PR; Brasil
epossan@gmail.com

C. BERWANGER
Engenheiro Civil
UNILA/PGECI
Foz do Iguaçu/PR; Brasil
cleofasbr@hotmail.com

E. RIGO
Engenheiro Civil /Mestrando
UNILA/PGECI
Foz do Iguaçu/PR; Brasil
eduardorigo.e@gmail.com

E. F. FELIX
Engenheiro Civil / Mestrando
USP/SET/EESC
São Carlos/São Paulo; Brasil
emerson.felipe.felix@gmail.com

RESUMO

Em estruturas de concreto interrompidas a adoção de medidas de proteção é de fundamental relevância, as quais têm como finalidade minimizar a degradação a fim de assegurar a vida útil de projeto (VUP) além de facilitar a retomada futura da construção. Neste contexto, apresenta-se um estudo de caso de proteção de estruturas em concreto armado e protendido, situadas na cidade de Foz do Iguaçu, PR, cuja execução foi interrompida em 2014. À época, as construções encontravam-se em fase de execução da superestrutura. Com área de 155 mil m² e investimento de R$ 108 milhões, as edificações pertencem ao Governo Federal Brasileiro e destinam-se às instalações da Universidade Federal da Integração Latino Americana (Unila). Observou-se que os trabalhos de proteção realizados foram majoritariamente referentes à proteção das armaduras expostas, impermeabilização e proteção de estruturas em contato com o solo e execução de serviços de drenagem. Os custos de proteção foram de aproximadamente 1,4 % do valor do investimento realizado, ao encontro do relatado pela Lei de Sitter (lei dos 5). Com isso, nota-se a importância técnica e econômica da adoção de medidas protetivas em estruturas de concreto que tiveram suas obras interrompidas, de modo que o estudo de caso sirva de modelo para que se realize o mesmo em outras obras que se encontrem na mesma situação.
Palavras-chave: sistemas de proteção, durabilidade, vida útil, manutenção preventiva, custo.

ABSTRACT

In interrupted concrete structures, is fundamentally relevant to adopt protective measures, which purpose is minimize degradation to ensure the project life cycle, in addition to facilitate the future construction resumption. In this context, is presented a case study of structures in reinforced and prestressed concrete, located in Foz do Iguaçu, PR, whose execution was interrupted in 2014. At that time, the constructions were in the superstructure execution phase. With an area of 155.000 m² and investment of R$ 108 million, the constructions belong to Brazilian Federal Government and are destined for Federal University of Latin-American Integration (Unila) installations. It was observed that performed protection works were mainly related to exposed reinforcement protection, waterproofing and protection of structures in contact with soil, and drainage services execution. The protection costs were approximately 1.4% of investment value, according to Sitter's "Law of fives" report. Thus, the technical and economic importance of protective measures adoption in concrete structures that had their works interrupted is noted, so that the case study serves as a model for other buildings in the same situation.
Keywords: protection systems, durability, service life, preventive maintenance (PM), cost.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos processos construtivos, materiais de construção e tecnologias tem encorajado a construção de edificações mais econômicas. Entretanto, a alta competitividade no setor da construção e a redução dos custos de produção influenciaram negativamente na qualidade das edificações erguidas no Brasil nos últimos anos. É comum encontrar construções com nível de degradação maior do que o esperado, com problemas relacionados à qualidade e durabilidade, devido a falhas de execução e o aparecimento de manifestações patológicas, afetando a estética, a usabilidade, segurança e a vida útil (ANDRADE; POSSAN; DAL MOLIN, 2017).

Estes problemas podem estar presentes tanto em obras acabadas quanto em interrompidas. Uma obra interrompida ou inacabada é definida como uma construção paralisada temporariamente ou indefinidamente devido a problemas de ordem financeira, judicial ou ambiental. De acordo com levantamento realizado pelo Instituto Nacional de Recuperação Empresarial (INRE), existiam no Brasil 5.200 obras paradas em 2016, dentre as quais, 50% eram públicas e 30% referiam-se a parcerias público-privadas, sendo apenas 20% totalmente privadas (MORAES, 2016).

Durante os anos 2000, prolongando-se até meados de 2014, o Brasil foi palco de uma onda de desenvolvimento econômico, comprovado pelas variações positivas no PIB brasileiro entre 2000 e 2013 (exceto em 2009, devido a reflexos da crise econômica dos Estados Unidos) (BRASIL, 2016). Nesse mesmo período, entre 2003 e 2014, houve a criação de 18 novas universidades federais, e o lançamento de programas como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que engloba obras de infraestrutura social e urbana, infraestrutura logística e infraestrutura energética, que impulsionaram o crescimento de obras públicas no período (BRASIL, 2012; BRASIL, 2017a).

Todo o processo de crescimento o qual o Brasil passava se inverteu a partir de 2014 devido à forte crise econômica, ocasionando um crescimento de apenas 0,5% no PIB, no ano citado e, redução de 3,77% e 3,60% nos anos de 2015 e 2016, respectivamente (BRASIL, 2016). Além disso, a partir de 2014, instaurou-se pela Polícia Federal a operação Lava Jato, responsável, dentre outros crimes, pelo desmantelamento de esquemas de lavagem de dinheiro e corrupção ativa e passiva, passando-se a investigar contratos superfaturados em obras públicas. Com a investigação em andamento e a descoberta desses superfaturamentos, muitas obras públicas foram paralisadas, visto que uma parcela das construtoras responsáveis estava envolvida na investigação (AFFONSO *et al.*, 2017; SOARES, 2017; BRASIL, 2017b). Além destas questões, obras como a da Universidade Federal da Integração Latino Americana (UNILA) foram paralisadas devido a questões de quebra de contrato do consórcio vencedor da licitação da obra, que alegou problemas nos projetos que impediam a continuidade da execução no preço contratado.

Essas obras interrompidas/paralisadas, em geral, ficam à mercê de condições ambientais favoráveis para a deterioração dos materiais de construção ao longo do tempo, sendo necessário que ações de proteção e manutenção preventiva sejam adotadas para facilitar a retomada das mesmas, garantindo assim que a vida útil de projeto seja atendida, sendo este tema o objeto deste estudo.

2. DEGRADAÇÃO X MANUTENÇÃO

O aparecimento de manifestações patológicas é inerente ao processo construtivo. Não existe uma edificação idêntica à outra devido à ocorrência de variações nos processos da construção e suas circunstâncias, como por exemplo, variações no clima que poderiam afetar a cura do concreto ou a substituição de um determinado material por outro aparentemente idêntico (FREITAS, 2013). Tais fatores afetam diretamente a durabilidade e a vida útil de estruturas de concreto e/ou de suas partes (SOUZA; RIPPER, 1998).

A durabilidade de estruturas de concreto é um assunto que vem ganhando importância ao longo das últimas décadas, pois existe uma grande preocupação relacionada à degradação prematura destas estruturas, ocasionadas principalmente pela corrosão das armaduras embutidas no concreto (POSSAN; ANDRADE, 2014). Köliö *et al*. (2014) destacam que durante a vida útil de projeto, uma estrutura deve enfrentar ações externas, como por exemplo o clima, sendo que estas devem ser duráveis o suficiente para evitar frequentes custos com reparos fora do plano de manutenção.

Por meio de um estudo realizado em 52 províncias espanholas, o Grupo Español de Hormigón – GEHO verificou que dentre as diferentes manifestações patológicas observadas, a corrosão de armaduras possuía o terceiro maior índice de ocorrência. No total, foram levantados 844 casos, sendo que a corrosão esteve presente em 15% das manifestações (HELENE, 2014).

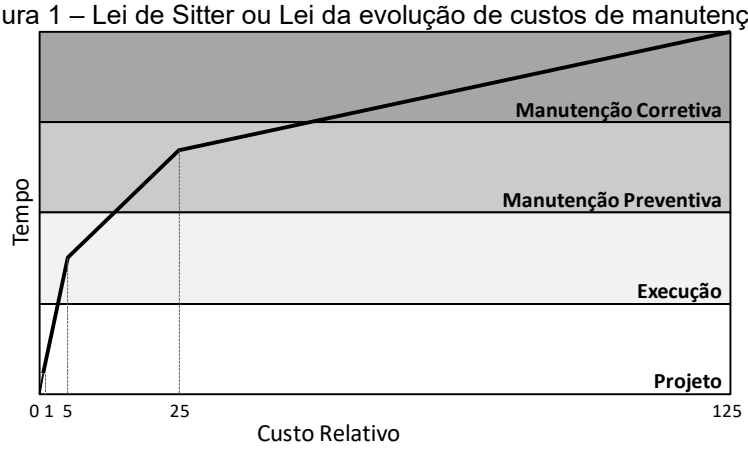
Um dos problemas relacionados à corrosão é o fenômeno chamado carbonatação, responsável por causar a despassivação da armadura e, consequentemente, degradação e redução da vida útil de estruturas de concreto armado. Neste sentido, a armadura imersa no concreto necessita de preservação contra a carbonatação, a qual acidifica o pH da estrutura devido à reação do dióxido de carbono (CO_2) com os hidróxidos contidos na matriz cimentícia do concreto, propiciando, portanto, a corrosão das armaduras (GANDÍA-ROMERO *et al.*, 2016). Além da carbonatação, a exposição a cloretos e sulfatos, poluição atmosférica, congelamento e descongelamento e reação álcali-agregado, também causam a deterioração do concreto e/ou da armadura (WILMOT, 2007).

A corrosão causada pela carbonatação pode ser minimizada por produtos inibidores, cujos princípios de utilização são a formação de uma película fina na superfície do aço ou a imobilização dos agentes corrosivos, de forma a impedir a degradação das armaduras (HEIYANTUDUWA, ALEXANDER, MACKECHNIE, 2006). A aplicação de revestimentos anticarbonatação (elastoméricos e de grande espessura), hidrorrepelentes e revestimentos resistentes a químicos são algumas soluções possíveis, atuam como uma barreira contra o agente agressivo (DRANSFIELD, 2003; SIMAS, 2007), podendo ser empregadas como medidas de proteção.

Em estruturas de concreto armado, a proteção das armaduras tem seu início no projeto, com a seleção dos materiais (aço inoxidável, por exemplo), continuando na execução (garantia da espessura do cobrimento, controle da relação água/cimento, cura do concreto, etc.) e durante a vida útil, com ações de manutenção, reparo ou recuperação (WILMOT, 2007). Segundo Souza e Ripper (1998), os principais problemas patológicos decorridos em estruturas de concreto provêm de falhas nas etapas de concepção, projeto e execução.

Logo, para evitar ou minimizar o aparecimento de manifestações patológicas, a proteção da estrutura deve-se fazer presente em todas as etapas da construção (do projeto à manutenção), a fim de reduzir custos e garantir a vida útil de projeto. Sitter (1984) relata que os custos de intervenção para sanar problemas patológicos aumentam progressivamente de acordo com o tempo, sendo que os custos de reparabilidade de uma estrutura aumentam em progressão geométrica de razão 5, em função do período da tomada de decisão (ver Figura 1). Por esta razão sua lei é conhecida como "*Law of Fives*".

Figura 1 – Lei de Sitter ou Lei da evolução de custos de manutenção



Fonte: Sitter, (1984).

Considerando-se o proposto por Sitter (1984), quando uma estrutura é interrompida, ou seja, não há a conclusão da obra, alguns cuidados técnicos (atividades de proteção da estrutura, impermeabilização e drenagem, entre outros) devem ser tomados a fim de reduzir custos e minimizar (ou eliminar) falhas no momento da retomada da construção. Neste sentido, este trabalho apresenta um estudo de caso voltado à proteção de um conjunto de estruturas de concreto armado e protendido que foram interrompidas no ano de 2014, a fim de demonstrar a

importância das medidas adotadas frente aos benefícios obtidos, especialmente no que diz respeito à redução ou minimização de manifestações patológicas, visando também garantir segurança quanto às condições das estruturas no processo futuro de retomada das obras.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Descrição da estrutura

O presente estudo de caso aborda as ações de manutenção preventiva realizadas na obra interrompida da Universidade Federal da Integração Latino Americana (UNILA), localizada no perímetro da área de segurança da Usina Hidrelétrica de Itaipu, na cidade de Foz do Iguaçu/PR (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Localização do campus da UNILA



Fonte: Google Earth, 2017.

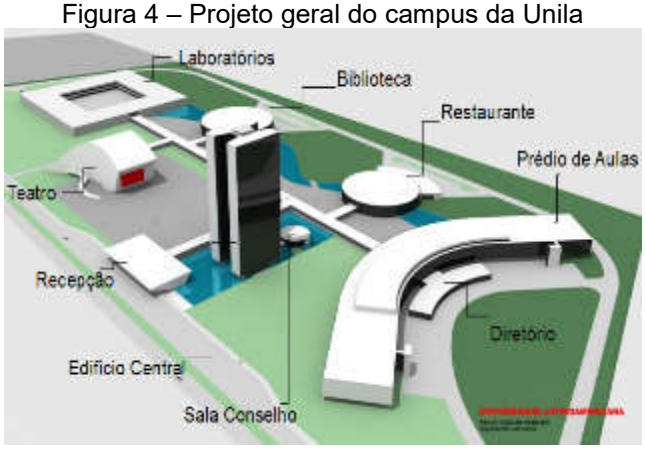
Figura 3 – Vista geral do canteiro de obras



Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Ao final de sua implantação, o projeto da Universidade (Figuras 4 e 5) totalizará uma área construída bruta de 146.649 m² (ver Tabela 1), além de área de estacionamento de veículos e passarelas que interligam todas as edificações, a qual terá capacidade de atender aproximadamente 10.000 alunos.

Figura 4 – Projeto geral do campus da Unila



Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Figura 5 – Vista superior do Campus da Unila



Fonte: Arquivo Unila, 2016.

A primeira etapa da construção do Campus da Universidade previa a construção parcial ou total do Edifício Central (Anexo A), Prédio de Aulas (Anexo B), Restaurante (Anexo C), central de utilidades (CUT), galeria de utilidades e parte da implantação geral (como estacionamentos e acessos). As demais edificações do projeto global listadas na Tabela 1 seriam executadas em uma segunda fase.

Tabela 1 – Descrição das edificações e estruturas auxiliares da Unila

	Edificações do Campus Unila	Área (m²)	Dimensões (m) e formato	Detalhes de projeto	Status
Estruturas principais	Edifício Central*	27.926,02	36 m x 40 m ("H")	18 pavimentos e cobertura, e formato de H, com atura de 82,5 m.	Construção interrompida.
	Prédio de Aulas*	33.558,26	40 x 300 (retangular)	4 pavimentos, com balanços de 7,5 m na largura e vãos contínuos de 25 m, com implantação em curva	Construção interrompida
	Diretório*	1.113,46	16 x 70 (retangular)	Estrutura térrea, acoplada ao prédio de aulas	Construção interrompida
	Restaurante*	9.352,22	70 m (cilíndrica)	2 pavimentos, com estrutura cilíndrica e balanços de até 7 m	Construção interrompida
	Biblioteca	12.854,70	80 m (cilíndrica)	Estrutura no formato de um cilindro, com 10 metros de balanço	Não iniciada
	Teatro	12.713,57	Trapezoidal	Estrutura em forma de trapézio, com largura variando de 100 m a 40 m e extensão de 100 m.	Não iniciada
	Laboratórios	37.023,20	150 x 150 (quadrada)	2 pavimentos mais cobertura de abrigo das instalações, em forma quadrada de projeção em planta, com pátio aberto central de 75 x 75 m	Não iniciada
	Recepção	2.612,50	70 x 35 (retangular)	Pavimento térreo, com mezanino e cobertura	Não iniciada
	Sala do Conselho	701,26	25 m (cilíndrica)	Prédio em formato cilíndrico com 25 m de diâmetro, projetado em concreto armado.	Não iniciada
Estruturas auxiliares	Acessos	-	-	Projeto para de anel viário em pista simples, estacionamento para 3.249 vagas.	Não iniciada
	Central de Utilidades*	4.250,00	50 x 70 (retangular)	Edificação subterrânea	Construção interrompida
	Galeria técnica*	1008,46 (m)	Linear	Trajeto subterrâneo de 4 x 4 m (acessos: 3 x 3 m) que interliga todas as edificações	Construção finalizada (740 m)
	Central de GLP e Diesel*	380,53	(retangular)	Edificação térrea de 35m x11m, destinada a abrigar a central de gás e diesel.	Construção iniciada
	Passarela/Marquise	7.782,57	Linear	Trata-se de estruturas em concreto com vãos médios de 20,0 m, com largura de 12,0m na Passarela e 10 m nos acessos aos prédios, com excentricidade 2,0m em relação aos eixos dos pilares. Extensão de 600 m.	Não iniciada
				Área de construção sem passarelas	**≈146 mil m²**
				Área de construção total	**≈155 mil m²**

* Estruturas principais e auxiliares contempladas na primeira etapa da obra.

3.2 Características gerais do projeto

As estruturas principais interrompidas (ver Tabela 1) foram executadas em sistema construtivo misto (concreto armado e protendido), com lajes nervuradas. A resistência característica do concreto (f_{ck}) indicada no projeto estrutural é de 35 MPa, exceto para os pilares do edifício central, a qual possui f_{ck} de 50 MPa. Ao final da construção o concreto não receberá revestimento (estrutura em concreto aparente).

3.3 Histórico da obra

O projeto arquitetônico da Unila foi desenvolvido pelo Arquiteto Oscar Niemeyer entre 2009 e 2010, e foi doado à Universidade em implantação à época, pela Itaipu Binacional (IB). A construção do campus universitário foi dividida em etapas, sendo que em julho de 2011 as obras da primeira etapa (ver Tabela 1), com área de construção total de 380,7 mil m², foram iniciadas pelo Governo Federal Brasileiro. Contudo, em 2014 a obra foi paralisada por solicitação do consórcio que a executava.

Deste então, o corpo técnico da Universidade vem conduzindo estudos e tratativas junto aos órgãos competentes pró-retomada das obras, uma vez que a Universidade não possui instalações próprias até o momento. Incertezas eleitorais em 2014, transição Ministerial em 2015 e a crise econômica instalada no país nos últimos anos têm corroborado para a não retomada dos serviços.

Neste contexto, surgiu a preocupação da área técnica de engenharia da Unila com a manutenção das estruturas já executadas, tendo em vista a garantia da sua durabilidade no momento da retomada futura da obra. Como resultado, em dezembro de 2016 foi assinado um contrato com uma empresa de manutenção, pelo valor de R$ 1.520.000,00 (um milhão e quinhentos e vinte reais), com duração prevista de 10 meses, visando garantir a proteção quanto à deterioração das edificações já construídas e consequente prejuízo ao erário ao Estado, cujos resultados são apresentados neste estudo.

3.4 Levantamento de dados

Os dados empregados no estudo foram obtidos junto à Universidade Federal da Integração Latino Americana (UNILA), em documentos oficiais utilizados para a contração dos serviços de proteção da estrutura, em especial do Pregão Eletrônico Nº 3/2016 (Contrato 71/2016) (UNILA, 2016).

4. PROTEÇÃO DAS ESTRUTURAS

4.1 Ações de manutenção

Por meio do estudo técnico desenvolvido (UNILA, 2016), definiu-se os serviços imprescindíveis para minimizar ações deletérias do conjunto estrutural edificado, a saber:

a) realização de serviços de limpeza e remoção de lama;
b) impermeabilização: execução de impermeabilização, recuperação de sistemas já realizados;
c) execução de serviços de drenagem: construção de poços de drenagem profunda na região do edifício central, dentre outras listadas na tabela 1;
d) proteção das armaduras expostas (armaduras de espera e arranque);
e) preservação das instalações provisórias do canteiro de obras e Isolamento de áreas para segurança.

Na Tabela 2 apresenta-se a indicação dos principais serviços de proteção executados nas respectivas estruturas, os quais são descritos em detalhe na sequência. Além dos serviços supracitados também foram realizadas as seguintes atividades: i) aterro das galerias e da Central de Utilidades Técnica; ii) construção da laje de alívio do edifício central; iii) finalização de obras subterrâneas (galerias e central de utilidades).

Tabela 2 – Principais serviços executados x localização/estrutura

Localização/ Estrutura	Serviços				
	Limpeza	Impermeabilização	Drenagem	Proteção das armaduras	Preservação das instalações
*Edifício central**	*x*		*x*	*x*	
*Edifício de aulas**				*x*	
*Restaurante**					
*Galerias***	*x*	*x*	*x*		
*Central de Utilidades***	*x*	*x*	*x*		
*Instalações provisórias****					*x*

* Estruturas principais ** Estruturas Auxiliares *** conforme NBR 12284 (ABNT, 1991), e NR 18 (BRASIL, 2015).

4.1.1 Serviços de Limpeza e remoção de lama

Primeiramente, fez-se a retirada da lama acumulada no subsolo das Galerias técnicas (Figura 6 “a”) assim como remoção de material assoreado junto ao subsolo do edifício principal. Para a retirada da lama empregaram-se equipamentos mecânicos (mini carregadeiras, retroescavadeira, escavadeiras) e manuais (pás, carrinho de mão, etc.,) dependendo do acesso (Figura 6 “b”). Os serviços de limpeza foram conduzidos aplicando-se jato de água (Figura 6 “c”).

Figura 6 – Serviços de a) e b) Remoção de lama de galerias c) Limpeza do Subsolo do Edifício Principal



a)



b)



c)

4.1.2 Impermeabilização

No momento da interrupção dos serviços de execução da obra, parte dos sistemas de impermeabilização das estruturas não foi devidamente protegido, os quais devido à exposição às intempéries sofreram degradação (Figura 7 “a”). Tendo em vista que a água é um dos principais agentes de degradação das estruturas de concreto, os sistemas de impermeabilização são de importância na garantia da sua durabilidade (DYER, 2015). Com esta preocupação, serviços de Impermeabilização, que abrangeram a recuperação de sistemas já realizados (Figura 7 “b”) e a execução de novos sistemas (Figuras 8 “a” e “b”) foram conduzidos.

Durante as ações de recuperação, fez-se inspeção visual nas estruturas existentes onde foram identificados os locais onde a proteção mecânica apresentava avarias (racharas, fissuras, deslocamento) e/ou não foi executada. Onde se constatou avarias, fez-se a remoção do sistema de impermeabilização existente (manta e proteção), fazendo a substituição por um novo sistema (manta polimérica dupla para o teto das galerias e central de utilidades e pintura nas paredes das galerias). A manta polimérica foi protegida mecanicamente antes da realização do aterramento das estruturas, conforme recomendação da NBR 9574 (ABNT, 2008).

Figura 7 – Sistema de impermeabilização a) Remoção do sistema degradado b) correção



a)



b)

Figura 8 – Sistema de impermeabilização a) aplicação da manta b) execução da proteção mecânica



a)



b)

4.1.3 Proteção das armaduras expostas

A limpeza das armaduras expostas, de espera e arranque (ver Figura 9 “a”), foi realizada com jateamento de água (em todas as estruturas existentes). Na sequência, fez-se aplicação manual de nata de cimento (Figura 9 “b” e “c"), com o traço 1:1 (cimento:água). Destaca-se que existem outros produtos comerciais para esta função como argamassas cimentícias poliméricas. A opção pela nata de cimento sem aditivação deu-se pela facilidade de aplicação e baixo custo de aquisição e da disponibilidade dos materiais em estoque (i.e., cimento e água), sem necessidade de licitação.

Figura 9 – Armaduras a) sem proteção b) tratamento com nata de cimento) c) protegida com nata cimento



a) b) c)

O estudo de Gomes e Sales (2004) confirma a importância da proteção das armaduras em estruturas interrompidas. Os autores constaram que em 49% das amostras coletadas a profundidade de carbonatação foi similar a espessura da camada de cobrimento de concreto (para aproximadamente 9 anos de exposição ao CO_2), indicando a necessidade de reparos para uma eventual sequência da construção.

No caso da estrutura do estudo, onde o projeto prevê concreto aparente, o ingresso de CO_2 não será impedido (uma vez que não se protegeu o concreto em si), e será controlado pela qualidade do concreto (f_{ck} mínimo de 35 MPa) e pela espessura da camada de cobrimento (mínima de 30 mm para pilares e vigas e 25 mm para lajes).

Conforme NBR 6118 (ABNT, 2015), a estrutura em análise está localizada em zona de agressividade moderada (Classe II, ambiente urbano), com risco de deterioração pequeno. Empregando-se o modelo de Possan (2010) para simular o avanço da carbonatação ao longo do tempo, face as especificações do projeto tem-se um período de 220 anos para que o CO_2 atinja a armadura em vigas e pilares. Logo, nota-se que a estrutura possivelmente atenderá a NBR 6118 (ABNT, 2015) assim como a Norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013) no que tange à vida útil mínima.

4.1.4 Serviços de drenagem

Após a limpeza do subsolo do edifício central, fez-se a instalação de duas bombas de esgotamento, com acionamento automático, a fim de evitar inundação no subsolo do edifício central, ais estão em permanente funcionamento. Também fez-se a finalização do sistema de drenagem (Figura 10 “a”) e execução de um muro de arrimo, ambos localizados próximos a central de utilidades a fim de possibilitar o término da execução dos serviços de terraplanagem do campus.

4.1.5 Preservação das instalações provisórias do canteiro de obras e Isolamento de áreas para segurança

Com o intuito de manter as condições mínimas da NR 18 (BRASIL, 2015) para que na retomada da obra da campus as instalações provisórias possam ser reaproveitadas (ver Figura 10 “b”), fez-se a troca/substituição de paredes de madeira transformadas danificadas por elementos novos. Também realizou-se a revisão do telhado, com substituição de telhas e goivos danificados.

Figura 10 – a) poço de drenagem executado b) estrutura provisória existente



a)



b)

Por fim, fez-se o isolamento de áreas para segurança, com instalação de portas e barreiras para impedir acesso às edificações e ou parte delas, para evitar possíveis quedas e furtos.

4.2 Levantamento de Custos

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes aos investimentos realizados e às áreas construídas até o momento da paralização das atividades para as três principais estruturas da primeira etapa de implantação da obra (edifício central, edifício de aulas e restaurantes).

Tabela 3 – Dados gerais da obra para as três estruturas principais

Estrutura	Área (m²)		% concluído*	Custos (R$)*		
	Total	Construída		Total da edificação	Investimento realizado	Proteção das armaduras**
Edifício central	27.926,02	14.660,10	52,49%	70.518.277,49	22.898.334,71	6.649,96
Edifício de aulas	33.558,26	12.400,77	36,95%	95.283.733,63	27.765.088,75	12.549,72
Restaurante	9352,22	9352,22	100%	14.567.676,39	14.567.676,39	-
Total para as estruturas principais				180.369.687,51	65.231.099,85	≈20.000,00
Total para as demais estruturas				280.000.000,00	**42.768.900,15**	**-**
Total investido nas estruturas interrompidas					**≈ 180.000.000,00**	
Total para as obras de proteção					**1.520.000,00**	**-**

** referente à área de laje do projeto estrutural, sem fundações, acabamento e instalações.*
*** Custo estimado, investimento realizado pela área de manutenção da Unila.*

Nota-se que o edifício de aulas é a estrutura com menor percentual de obra executa. Tal fato deve-se a um atraso no cronograma de execução devido à uma falha geológica que foi detectada somente após o início da obra, a qual demandou alteração do sistema de fundações previsto em projeto. A concepção inicial era fundações do tipo “sapata” que foi alterada para fundações do tipo “estaca raiz” na região onde foi detectada a falha.

Observa-se na Tabela 3, que os custos demandados para a proteção das armaduras, são insignificantes quando comparado ao custo global das estruturas, sendo inferiores a 0,03% do valor monetário já investido na estrutura. Em relação ao valor do contrato para a execução das obras de proteção, observa-se que o mesmo representa 1,4% do global investido, valor considerado muito pequeno tendo em vista a aplicação do mesmo (proteção das estruturas interrompidas e finalização de obras inacabadas).

5. CONCLUSÕES

No presente estudo pode-se constatar que em uma obra de engenharia interrompida, ações de proteção e manutenção podem ser conduzas com custos reduzidos, a fim de evitar a degradação das estruturas de concreto até o instante de retomada da obra.

Observou-se que os trabalhos de proteção realizados nas estruturas interrompidas em análise foram majoritariamente referentes à proteção das armaduras expostas, impermeabilização e proteção de estruturas em contato com o solo e execução de serviços de drenagem.
Os custos de proteção foram de aproximadamente 1,4 % do valor do investimento realizado, ao encontro do relatado pela Lei de Sitter (lei dos 5). Já os custos de proteção das armaduras, foi inferior a 0,03%, indicando a importância técnica e econômica da adoção de medidas protetivas em estruturas de concreto que tiveram suas obras interrompidas,

O estudo de caso realizado demonstrou a importância das medidas adotadas frente aos benefícios obtidos face os custos demandados, especialmente no que diz respeito à redução ou minimização de manifestações patológicas.

Espera-se que o estudo de caso apresentado sirva de modelo para que se realize o mesmo em outras obras que se encontrem na mesma situação, corroborando para na difusão de obras práticas de engenharia, sobretudo voltadas à garantia da durabilidade e extensão da vida útil de estruturas de concreto armado e protendido.

6. REFERÊNCIAS

AFFONSO, J.; BRANDT, R.; COUTINHO, M.; MACEDO, F. Em três anos, Lava Jato teve mais de 180 pedidos de cooperação internacional. **Estado de São Paulo.** São Paulo, mar. 2017. Disponível em: <http://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/em-tres-anos-lava-jato-teve-mais-de-180-pedidos-de-cooperacao-internacional/>. Acesso em: 29 jul. 2017.

ANDRADE, J. J. O.; POSSAN, E.; DAL MOLIN, D. C. C. Considerations about the service life prediction of reinforced concrete structures inserted in chloride environments. **Journal Of Building Pathology And Rehabilitation,** v. 2, n. 1, p.1-8, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12284**: Áreas de vivência em canteiros de obras - Procedimento. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9574**: Execução de impermeabilização - Procedimento. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575 -** Parte 1: Requisitos gerais. Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118 NB1**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 1986, rev. mar, 2015.

BRASIL. Adriana Rigon Weska. Ministério da Educação (Org.). **Análise sobre a Expansão das Universidades Federais - 2003 a 2012:** Relatório da Comissão Constituída pela Portaria nº 126/2012. 2012. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/santahelena/cursos/licenciaturas/Ofertados-neste-Campus/licenciatura-em-ciencias-biologicas-1/sugestoes-de-leitura-para-biologos/analise-sobre-a-expansao-das-universidades-federais-2003-a-2012/at_download/file>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BRASIL – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **NR 18** - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. 2015. Disponivel em <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18atualizada2015.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2017.

BRASIL. Amanda Mergulhão Santos Barros. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). **Indicadores IBGE:** Contas Nacionais Trimestrais - Indicadores de Volume e Valores Correntes. 2016. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/pib-vol-val_201604caderno.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2017.

BRASIL. Ministério do Planejamento. **Sobre o PAC.** 2017a. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BRASIL. Ministério Público Federal. **Entenda o Caso.** 2017b. Disponível em: <http://lavajato.mpf.mp.br/entenda-o-caso>. Acesso em: 29 jul. 2017.

DRANSFIELD, J; Admixtures for concrete, mortar and grout. In: NEWMAN, John; CHOO, Han Seng; **Advanced Concrete Technology – Constituent Materials**. 1º ed. Burlignton: Elsevier, 2003.

DYER, T. A durabilidade do concreto. Rio de Janeiro: Ciência moderna, 2015. 515p.

FREITAS, V. P. **A State-of-the-Art Report on Building Pathology:** CIB – W086 Building Pathology. 2013. Disponível em: <http://site.cibworld.nl/dl/publications/pub_393.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.

GANDÍA-ROMERO, J.M.; CAMPOS, I.; VALCUENDE, M.; GARCÍA-BREIJO, E.; MARCOS, M.D.; PAYÁ, J.; SOTO, J. Potentiometric thick-film sensors for measuring the pH of concrete. **Cement And Concrete Composites,** v. 68, p.66-76, 2016.

GOMES, N.A.; SALES, A.. Avaliação da carbonatação do concreto em obras interrompidas na cidade de Ribeirão Preto. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais... .** São Paulo: ANTAC, 2004.

HEIYANTUDUWA, R.; ALEXANDER, M. G.; MACKECHNIE, J.R. Performance of a Penetrating Corrosion Inhibitor in Concrete Affected by Carbonation-Induced Corrosion. J**ournal of Materials in Civil Engineering**, v.18, p. 842-850, 2006.

HELENE, P. Introdução. In; SALES, A.; SOUSA, C.A.C; ALMEIDA, F.C.R.; CUNHA, M.P.T.; LOURENÇO, M.Z. **Corrosão em estruturas de concreto armado: Teoria, controle e Método de Análise**, 1º. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KÖLIÖ, A.; PAKKALA, T. A.; LAHDENSIVU, J.; KIVISTE, M. Durability demands related to carbonation induced corrosion for Finnish concrete buildings in changing climate**. Engineering Structures**, v.62-63, p.42-52, 2014.

MORAES, G. Comissão externa da Câmara acompanha obras paradas em todo o Brasil. **Portal da Câmara dos Deputados.** Brasília. 27 set. 2016. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/radio/materias/RADIOAGENCIA/516853-COMISSAO-EXTERNA-DA-CAMARA-ACOMPANHA-OBRAS-PARADAS-EM-TODO-O-BRASIL.html>. Acesso em: 29 jul. 2017.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. Tese de doutorado (Doutorado em engenharia) - Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

POSSAN, E.; ANDRADE, J. J. O. Markov Chains and reliability analysis for reinforced concrete structure service life. **Materials Research,** v. 17, n. 3, p.593-602, 2014.

SIMAS, M. S. L. **Sistemas de protecção do betão face à carbonatação.** 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007.

SITTER, W.R. Costs for Service Life Optimization. The Law of Fives. In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen (Workshop Reported by Steen Rostam), 18-20 May, 1983. Copenhagen, CEB, 1984, p. 131-134.

SOARES, D. Lava Jato completa três anos de investigações com 260 acusados criminalmente. **Empresa Brasil de Comunicação.** Brasília, 17 mar. 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2017-03/lava-jato-completa-tres-anos-de-investigacoes-com-260-acusados>. Acesso em: 29 jul. 2017.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

TORGAL, F.P.; MIRALDO, S.; LABRINCHA, J.A.; BRITO, J.D. An overview on concrete carbonation in the context of eco-efficient construction: Evaluation, use of SCMs and/or RAC. **Construction and Building Materials**, v.36, p.141-150, 2012.

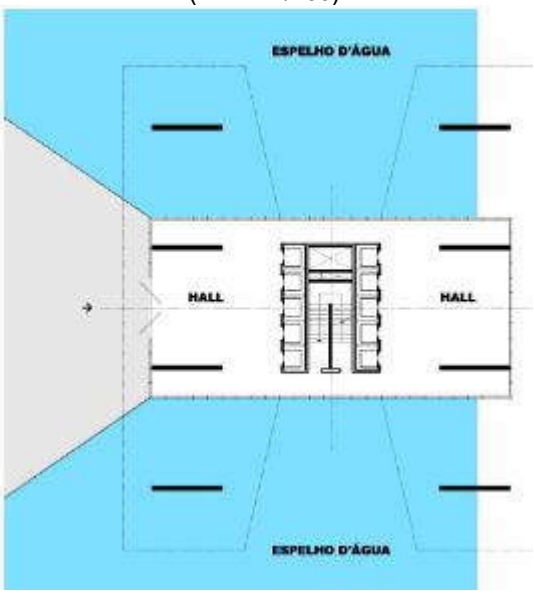
UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA (UNILA) (Brasil). Ministério da Educação. **Edital de licitação:** Pregão Eletrônico Nº 18/2016. 2016. Disponível em: <https://www.unila.edu.br/sites/default/files/edital_e_anexos_13.zip>. Acesso em: 22 nov. 2017.

WILMOT, R. E. Corrosion protection of reinforcement for concrete structures. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 107, n. 3, p. 139-146, 2007.

ANEXO A

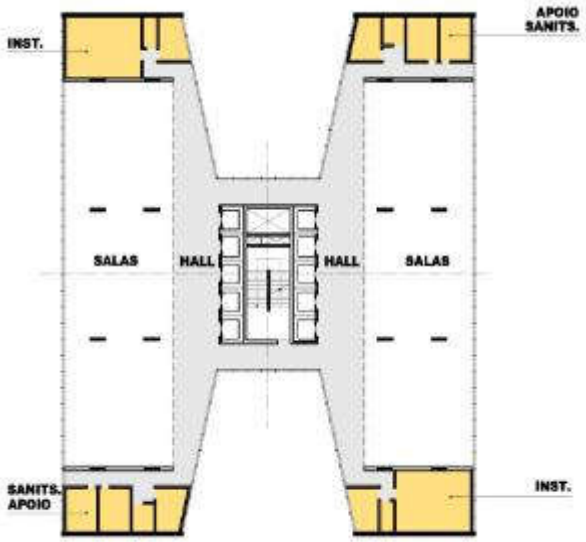
EDIFÍCIO CENTRAL

Imagem 1: Plata baixa Térreo Edifício Central (escala 1/200)



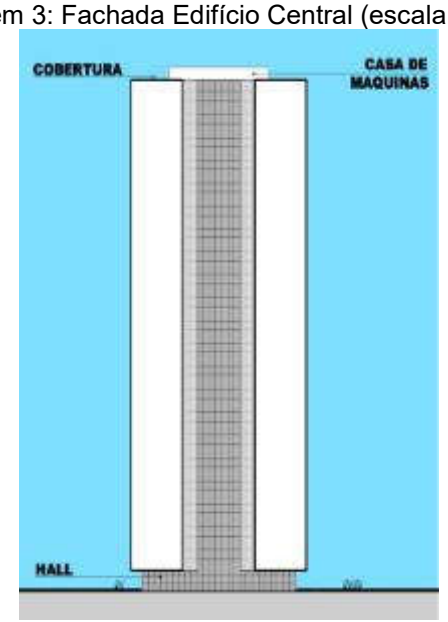
Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 2: Plata baixa "tipo" Edifício Central (escala 1/200)



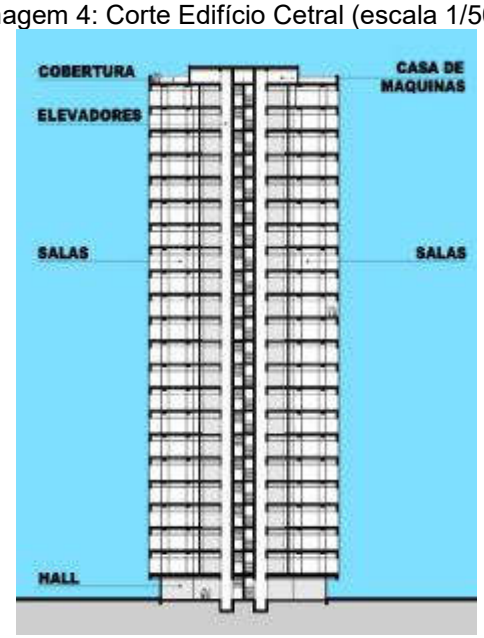
Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 3: Fachada Edifício Central (escala 1/500)



Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 4: Corte Edifício Cetral (escala 1/500)

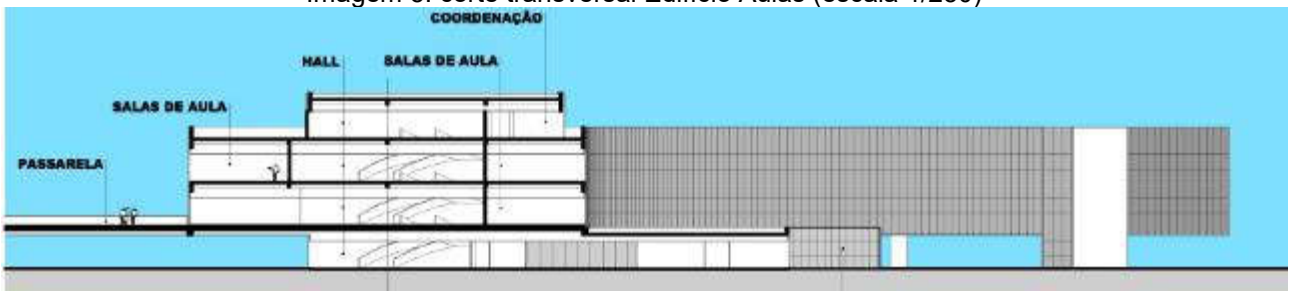


Fonte: Arquivo Unila, 2016.

ANEXO B

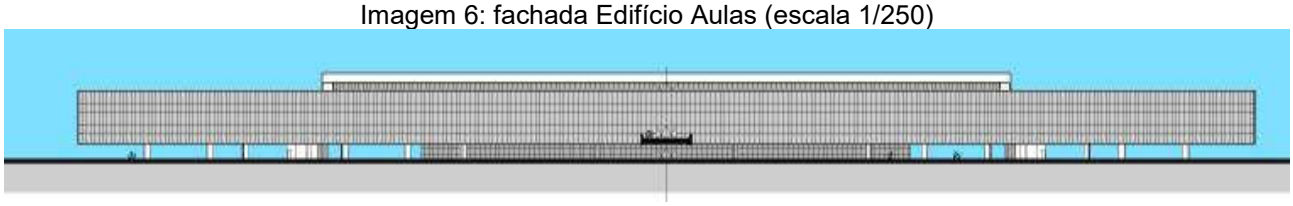
EDIFÍCIO DE AULAS

Imagem 5: corte transversal Edifício Aulas (escala 1/250)



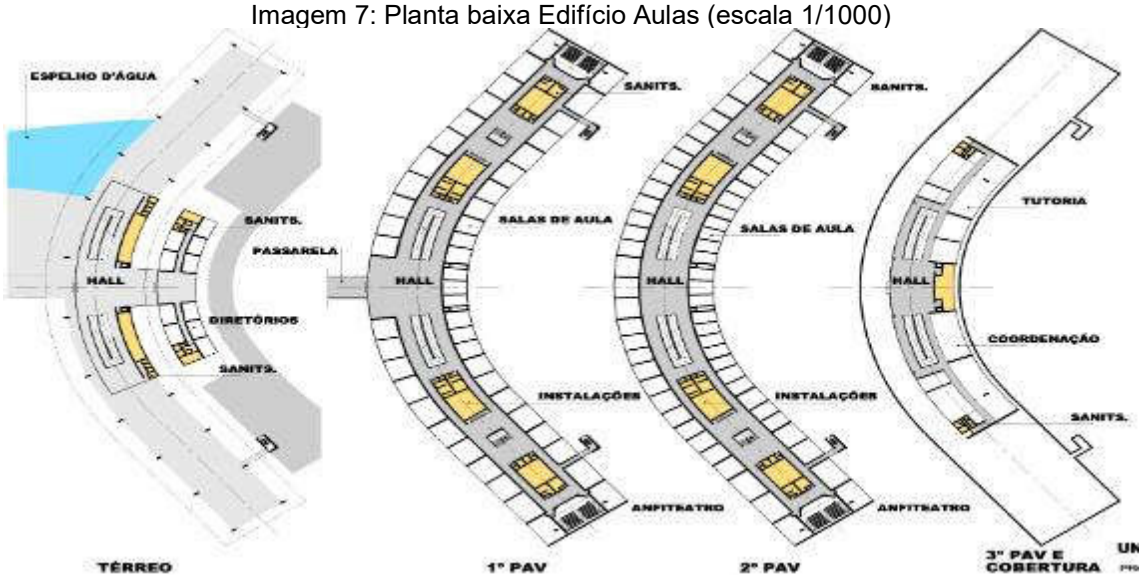
Fonte: Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 6: fachada Edifício Aulas (escala 1/250)



Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 7: Planta baixa Edifício Aulas (escala 1/1000)

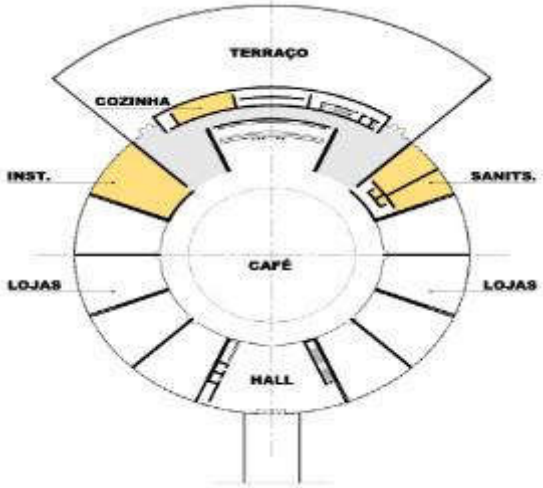


Fonte: Arquivo Unila, 2016.

ANEXO C

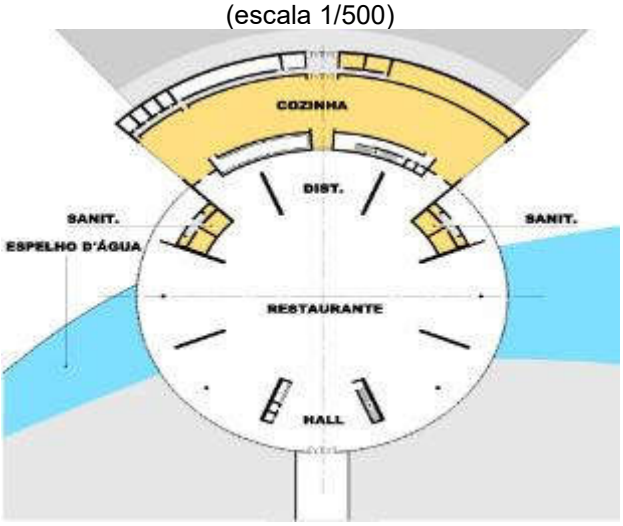
RESTAURANTE

Imagem 8: Planta baixa 1º pavimento Restaurante (escala 1/500)



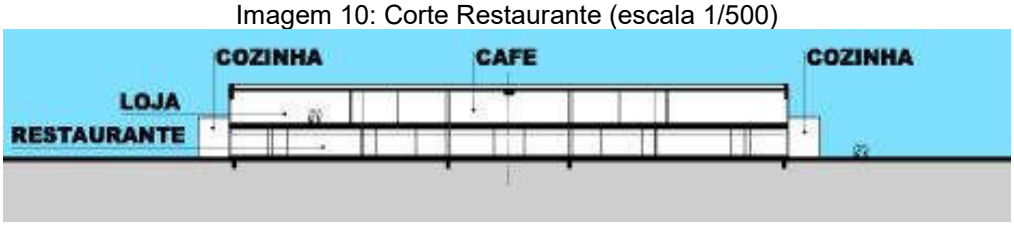
Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 9: Planta baixa térreo Restaurante (escala 1/500)



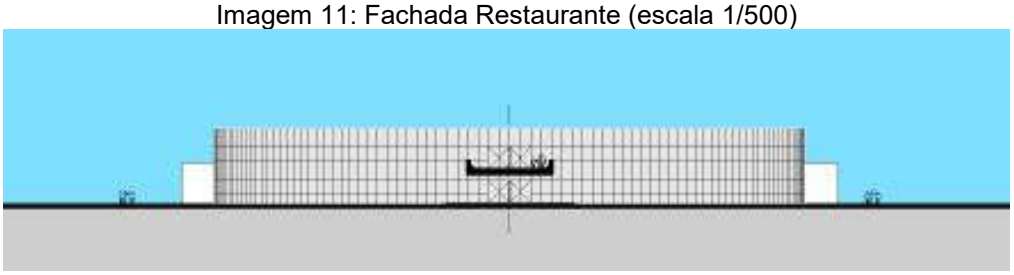
Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 10: Corte Restaurante (escala 1/500)



Fonte: Arquivo Unila, 2016.

Imagem 11: Fachada Restaurante (escala 1/500)



Fonte: Arquivo Unila, 2016.