

Á PREFEITURA MUNICIPAL DE PARANAGUÁ
SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO

*HANSEN & MELO LTDA – ME, por seu responsável
técnico Eng. Civil MARCO ANTÔNIO HANSEN, vem por
meio desta apresentar:*

LAUDO PERICIAL E DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

**OBRA: ESCOLA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO INFANTIL E ENSINO FUNDAMENTAL
PRESIDENTE COSTA E SILVA
ÁREA TOTAL: 1.800,56 m²
ENDEREÇO: RUA PROFESSOR CLETO ESQ. COM AV. BENTO ROCHA, S/Nº - RÓCIO
CIDADE: PARANGUÁ/PR**

SUMÁRIO

1.	PRELIMINARES.....	3
2.	OBJETIVO DOS TRABALHOS.....	3
3.	JUSTIFICATIVA.....	3
4.	BASES E PARÂMETROS DOS TRABALHOS PERICIAIS	4
5.	DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS PERICIAIS	4
6.	RESULTADOS PERICIAIS	5
6.2	- Corrosão generalizada em vigas aéreas e pilares;.....	5
6.3	- Existência de mofo e desgaste de superfícies.....	5
6.4	- Flexão em lajes do segundo pavimento;.....	5
6.5	- Flexão em algumas vigas aéreas;.....	5
7.	RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL.....	6
7.1	- Infiltrações na Cobertura	6
7.2	- Demolição de Estruturas de Concreto	6
7.3	- Recuperação de Estruturas de concreto	7
7.4	- Flexão nas lajes.....	8
7.5	- Fissuras nas Paredes.....	8
7.6	Limpeza, raspagem e pintura das paredes, vigas, lajes e pilares.....	8
7.7	Reforço de vigas aéreas nas paredes entre salas de aula e circulação.....	9
7.8	- Reforços com tubos metálicos sobre as muretas das passarelas externas	9
7.9	- Reforço nos apoios de laje alveolar	10
8.	ELEMENTOS SUBSIDIÁRIOS À EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS.....	18
10.	RELATÓRIO FOTOGRÁFICO COMENTADO.....	19

1. PRELIMINARES

O presente documento, traz consigo o Laudo Pericial de Engenharia para a apuração do panorama da atual situação do prédio da Escola Municipal Presidente Costa e Silva, situado à Rua Professor Cleto, Bairro Rocio, com 1.800,56 m². Além disso, demonstra as soluções encontradas que permitam a recuperação de elementos estruturais para a reforma e reocupação da edificação.

Convém salientar que se trata de recuperação estrutural e que é possível que durante a execução, a contratada se depare com situação imprevisível. Para evitar a incompatibilidade entre a planilha de orçamento e as quantidades/serviços executados, a Lei n. 8.666/93 autoriza a supressão e/ou acréscimo de até 50% do valor do contrato.

2. OBJETIVO DOS TRABALHOS

O presente trabalho tem por objetivo apresentar considerações técnicas acerca da análise estrutural da presente edificação. Além disso, busca-se demonstrar as causas para a ocorrência das patologias encontradas e os métodos adotados para a execução da recuperação dos elementos estruturais danificados.

3. JUSTIFICATIVA

A engenheira civil e funcionária da Prefeitura Municipal de Paranaguá, Débora Temporão de Aguiar Ramos, CREA/PR: 25647/D, desenvolveu documento intitulado “Relatório Técnico” onde aponta, entre outras coisas, a existência de diversas patologias na presente edificação.

Dessa forma, visando a necessidade de se determinar a gravidade da situação e maneiras de corrigir os problemas, contratou-se profissional para elaboração do presente laudo.

No presente momento, o edifício encontra-se desocupado. Após a execução dos serviços propostos no presente documento para a recuperação estrutural e execução dos demais serviços de reforma, busca-se reocupar a edificação.

4. BASES E PARÂMETROS DOS TRABALHOS PERICIAIS

Os profissionais da PM de Paranaguá forneceram projeto arquitetônico da edificação que serviram como base para o desenvolvimento dos trabalhos.

Os trabalhos foram desenvolvidos levando-se em consideração as principais normas de engenharia, a boa técnica, o código de ética profissional bem como toda experiência e expertise da nossa equipe.

As vistorias foram acompanhadas pelo arquiteto Lucas Dias, diretor do Departamento de Manutenção da Secretaria Municipal de Educação e Ensino Integral de Paranaguá.

5. DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS PERICIAIS

Os trabalhos no local foram realizados entre os dias 11 a 13 de Julho de 2018.

Os serviços periciais pautaram-se em:

- a) Inspeção visual;
- b) Análise de elementos de arquitetura/engenharia;
- c) Registros fotográficos;
- d) Entrevistas;
- e) Análise das configurações das fissuras.

A análise morfológica das fissuras é a metodologia que demonstra quais os movimentos que as peças estruturais sofreram. Através dessa técnica, é possível identificar as principais causas que ocasionaram as patologias. São considerados as seguintes características das fissuras:

Direção das fissuras (em graus);

Sentido de abertura (quando houver), ou seja, se são ou não rotacionais;

Existência ou não de transpasse. Se houver, determinação da inclinação do mesmo;

Resultante vetorial do esforço (através de análise em pontos curvos de ruptura);

Dinamicidade, ou seja, se a fratura se movimentou (oscilações);

6. RESULTADOS PERICIAIS

A seguir, tem-se as patologias existente na edificação e o que ocasionou o problema.

6.1 - Infiltrações na cobertura

Os danos existentes nas telhas de fibrocimento existentes na cobertura, permitiram a infiltração de água decorrente de precipitações para o interior da edificação;

6.2 - Corrosão generalizada em vigas aéreas e pilares;

A existência de umidade decorrente das infiltrações e a falta de manutenção na estrutura, geraram a corrosão da armadura em vigas e pilares. As principais vigas afetadas, foram as vigas das fachadas (localizadas nos peitoris das janelas) e os pilares que as sustentam. Quando o aço sofre corrosão, o mesmo expande ocasionando o deslocamento do concreto e a exposição da armadura existente ocasionando uma reação de oxidação em cadeia;

6.3 - Existência de mofo e desgaste de superfícies

A umidade gerada pelas infiltrações, colabora para a proliferação de fungos nas superfícies ocasionando o mofo. Além disso, colabora para o desgaste dos revestimentos existentes;

6.4 - Flexão em lajes do segundo pavimento;

Foi verificado a flexão das lajes das salas de aula no segundo pavimento. A causa das flexões, é o sobrepeso causado pelo piso de granitina existente executado sobre o piso original;

6.5 - Flexão em algumas vigas aéreas;

A carga do piso de granitina executado sobre o piso original é transferido para as lajes que transferem a carga para as vigas. Dessa forma, as vigas fletiram devido ao sobrepeso resultante.

As avarias listadas, apresentam fraturas e configuração com características típicas das respectivas patologias. É importante ressaltar que a demora na intervenção/reparação estrutural acarretará em avanço das patologias e conseqüentemente na necessidade de atualização do presente laudo pericial.

7. RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

7.1 - Infiltrações na Cobertura

Considerando que as telhas de cobertura existentes estão extremamente danificadas, possibilitando a infiltrações de precipitação no interior da edificação, recomenda-se a substituição total da cobertura existente, inclusive as tesouras e as tramas de madeira, uma vez que a umidade existente ocasionou a deterioração da madeira de cobertura. Deverá ser previsto a impermeabilização de toda a laje de cobertura existente, tanto nos locais em que a laje é aparente quanto nos locais em que existe cobertura sobre a mesma.

7.2 - Demolição de Estruturas de Concreto

Deverá ser previsto a demolição das vigas de concreto armado presente na fachada da edificação (nos peitoris das janelas frontais) e os brises de concreto existente nas janelas dos banheiros dos alunos. As vigas frontais e os brises, não possuem função estrutural, somente estética. Opta-se pela demolição das referidas peças, devido ao desgaste ocasionado pela expansão das armaduras ocasionadas pela oxidação que causou o deslocamento do concreto nas peças.

Para executar a demolição, deverá ser removido cuidadosa o concreto através de escarificação. A demolição deverá ser executada a cada pavimento, tendo início na cobertura e terminando no térreo.

Somente após a ruptura total do concreto e retirada dos detritos, a armadura poderá ser cortada e removida. Nos casos em que houver risco de ruptura brusca do elemento, a mesma deverá ser escorada para evitar acidentes.

A demolição, deve ser executada por ferramenta automatizada (martelletes pneumáticos, martetele perfurador, martelo rompedor, etc), tendo em vista que a utilização de marretas ou outra ferramenta manual causa a remoção do concreto e da armadura simultaneamente, prática essa não recomendada, por aumentar os riscos de ruptura brusca da estrutura a ser demolida.

7.3 - Recuperação de Estruturas de concreto

As estruturas de concreto que serão mantidas e estão danificadas com a armadura exposta (pilares de fachada que sustentam vigas que serão removidas e algumas vigas aéreas e lajes). Deverão ser tratadas e recuperadas conforme segue.

7.3.1 - Jateamento com areia

A ferragem exposta danificada (corroída) deverá receber jateamento com areia para que os elementos comprometidos sejam retirados. Após o jateamento, deverá ser executada a limpeza de aço com lixamento e escovamento com escova de aço, até a completa remoção de partículas soltas, materiais indesejáveis e corrosão.

7.3.2 - Pintura adesiva (Ponte de Aderência)

Deverá ser aplicado produto Sikadur Epoxi ou equivalente, afim de proporcionar aderência do concreto velho existente com a argamassa de recomposição. O produto, deverá ser aplicado como pintura (com pincel ou trincha). A superfície deve estar limpa, livre de impurezas, pinturas, poeira, óleo, graxa, desmoldantes, nata de cimento, ferrugem, etc. É imprescindível a leitura do manual e/ou ficha técnica do produto utilizado por parte do responsável técnico e do mestre de obras para que haja total entendimento sobre a aplicação do produto.

7.3.3 - Recomposição do Concreto

Após o procedimento acima, deverá ser executado a recomposição do concreto nos pontos em que houver deslocamentos. Para isso, deverá ser utilizada argamassa polimérica de alto desempenho. Deve-se adicionar aditivo impermeabilizante na argamassa a ser utilizado para a recomposição. Após o preenchimento dos pontos com argamassa polimérica, deverá ser providenciado o desempenamento e acabamento com massa acrílica para recebimento do fundo selador e pintura.

7.4 - Flexão nas lajes

Recomenda-se a remoção da camada de piso de granitina no segundo pavimento. A execução da demolição do piso de granitina, deverá ser realizada de forma manual com o uso de marretas, picaretas e talhadeiras . O entulho gerado, deverá ser levado a local adequado periodicamente para evitar o acúmulo. No lugar da camada de piso de granitina, será adicionado executado piso cerâmico, conforme projeto arquitetônico e planilha orçamentária. A execução do piso cerâmico, deverá ser efetuado após toda a execução da recuperação estiver finalizada.

7.5 – Fissuras nas Paredes

Existe paredes externas com a existência de trincas devido aos sobrepesos e a falta de manutenção. As trincas existentes, possibilitam a entrada de água por percolação na edificação, piorando as patologias existentes.

Para a recuperação das trincas, deverá ser realizado abertura com disco diamantado com largura igual a 5 cm, realizado a limpeza da abertura e de eventuais materiais orgânicos, realizado a aplicação de selador a base de resinas acrílicas para trincas e vedado com argamassa polimérica impermeabilizante semi-flexível. Deverá ser previsto a utilização de tela de fibra de vidro para reparo de trincas (utiliza-se como referencia a tela Crackgon). Após aplicado, deverá ser realizado o acabamento com aplicação e lixamento de massa látex.

7.6 Limpeza, raspagem e pintura das paredes, vigas, lajes e pilares

Considerando a existência da formação de mofo em todas as paredes externas e internas, deverá ser providenciado a lavagem de todos os elementos da edificação com a utilização de solução de água potável com água sanitária para remoção do mofo existente. Após lavado, deverá ser providenciado a raspagem para remoção da pintura existente e remoção de todo e qualquer detrito orgânico ou inorgânico existente nos revestimentos existentes. Após feito a raspagem de toda as superfícies, deverá ser realizado a aplicação de fundo selador acrílico em todas as paredes para selar pequenas trincas. Com a base preparada e selada, deverá ser procedido a pintura conforme determinado na planilha orçamentária da reforma, sendo duas demãos de tinta acrílica nas paredes internas e duas demãos de tinta de borracha clorada para selar pequenas fissuras e impedir a infiltração e proliferação de mofo devido a umidade nas paredes externas.

7.7 Reforço de vigas aéreas nas paredes entre salas de aula e circulação

O sobrepeso ocasionado pelo piso de granitina ocasionou a flexão das vigas aéreas entre salas de aula e circulação. Considerando que entre a viga e a parede de alvenaria existe um vão com 50 cm de altura, recomenda-se a execução de alvenaria de fechamento do vão com tijolos de concreto com dimensões iguais a 60x30x10 cm. Dessa forma, estabiliza-se a estrutura e impede-se a ocorrência de uma maior flecha e formação de novas fissuras. O reforço deve ser realizado tanto no pavimento superior quanto no térreo.

Na prancha do projeto de recuperação estrutural em anexo, consta a posição e o detalhamento do reforço a se executado.

7.8 - Reforços com tubos metálicos sobre as muretas das passarelas externas

Para impedir a formação de flecha nas vigas superiores da parte externa da passarela de circulação, será instalado tubos circulares com diâmetro igual a 2" com a função de absorver e transferir os esforços de flexão atuantes na viga para a fundação existente da estrutura. O engaste, será efetuado com placas de aço de espessura 4,75mm parafusadas sobre a mureta de concreto armado existente no pavimento térreo. O espaçamento entre os tubos deverá ser igual a 2 metros. Entre os tubos, será considerado a utilização fechamento em gradil para garantir a segurança dos usuários.

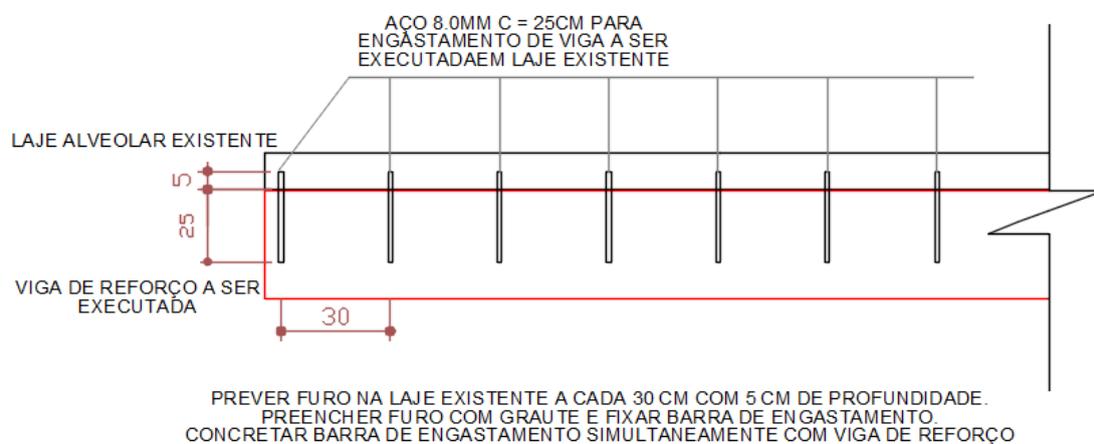
Na prancha do projeto de recuperação estrutural em anexo, consta a posição e o detalhamento do reforço a se executado.

7.9 - Reforço nos apoios de laje alveolar

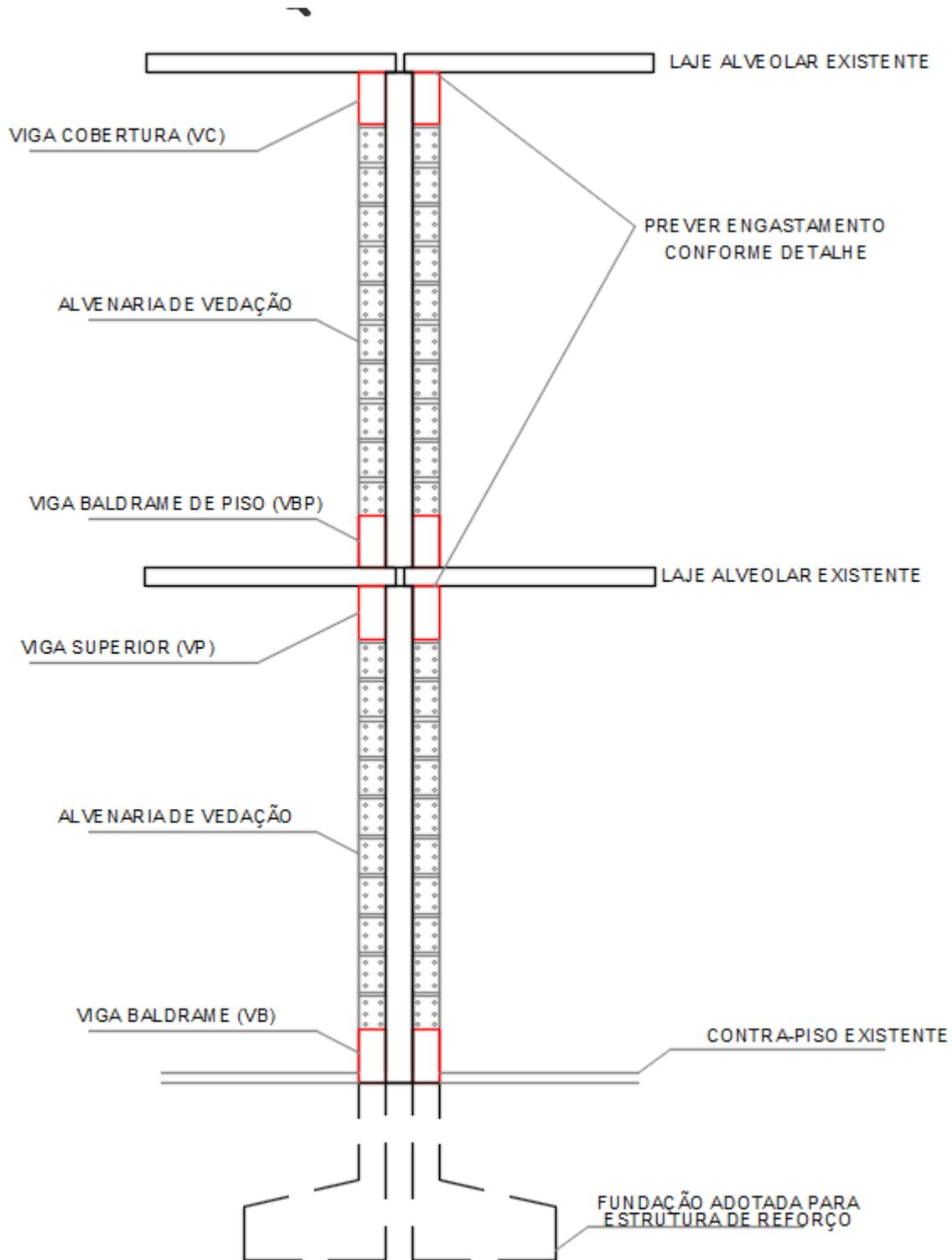
Considerando a existência de formação de flechas e fissuras nas vigas entre as salas de aula que recebem o carregamento das lajes pré-moldadas alveolares existentes, será previsto o reforço em ambos os lados nas paredes das salas de aula.

Dessa forma, aumentando a área de contato nos apoios entre a laje alveolar e as vigas de apoio, diminui-se a pressão existente sobre as vigas de apoio colaborando para a diminuição da flecha existente.

A ancoragem das vigas de reforço a serem executadas com a laje existente, se dará através de barras de 8.0 mm espaçadas a cada 30 cm. Para isso, será necessário furar a laje existente com broca com diâmetro igual a 0.8 cm e preencher o furo com adesivo epoxi. Logo após o preenchimento, deverá ser introduzido a barra de chumbamento com o auxílio de uma maretá até uma profundidade igual a 5cm. As barras a serem chumbadas, deverão ser concretadas simultaneamente com a viga de reforço. A seguir, tem-se o detalhamento do engaste a ser executado.



Deverá ser executado duas vigas de recuperação por pavimento em cada lado do reforço, sendo uma viga baldrame inferior para suportar a carga devido a execução de alvenaria de fechamento e outra viga superior para suportar a carga da laje alveolar que está gerando a flexão nas vigas existentes. A seguir, tem-se o perfil longitudinal do reforço estrutural a ser executado.



Para sustentar as vigas de apoio, será previsto a locação de cinco pilares equidistantes, conforme demonstrado no projeto de reforço estrutural em anexo. A fundação adotada para suportar a estrutura de reforço estrutural é do tipo sapata isolada.

As posições, dimensões e detalhamentos necessários para a perfeita execução dos serviços, está demonstrado nas pranchas do projeto estrutural em anexo.

7.9.1 Carregamento Considerado

Como ferramenta produtiva, será utilizado o software Eberick para cálculo dos esforços estruturais na estrutura de reforço estrutural.

Os carregamentos considerados nos cálculos dos elementos de reforço estrutural serão os demonstrados a seguir.

- Peso próprio dos elementos estruturais

Considerando que os elementos estruturais constituintes do presente projeto são em concreto armado, tem-se que o peso próprio das estruturas será igual a 2500 kgf/m³. O software utilizado como ferramenta produtiva, considera o carregamento proveniente do peso próprio dos elementos estruturais automaticamente.

- Carga devido a alvenaria de fechamento

Será previsto a execução de vigas baldrame (VB e VBP) para suporte das paredes de alvenaria de vedação a ser executada.

As paredes foram consideradas com 290 cm de altura (pé direito) espessura de 15 cm e peso próprio de 1500 kgf/m³ resultando no valor de 562,5 kgf/m sobre as vigas baldrame

- Peso próprio da Laje Alveolar Existente

Será previsto que o peso próprio da laje alveolar apoiada sobre as vigas de reforço (VP e VC). Considerando que as lajes alveolares são bi-apoiadas, tem-se que o carregamento será dividido entre os dois apoios existentes. Além disso, considera-se que as vigas constituintes do reforço, absorverão 50% do carregamento proveniente do peso próprio da laje existente, uma vez que já existe estrutura de suporte que absorverá parte do carregamento. O peso próprio da laje a ser considerada, será o mesmo do concreto armado (2500 kgf/m³).

Dessa forma, considerado que cada laje alveolar possui área igual a 51,98 m² e espessura igual a 12 cm, tem-se que cada laje exercerá uma carga igual a 15,6 toneladas. Considerando que a estrutura nova absorverá 50% do carregamento existente, tem-se que

a carga que será transferida para a estrutura de reforço será igual a 7,80 toneladas. Considerando que a laje é bi-apoiada, tem-se cada viga de suporte das lajes deverá suportar uma carga igual a 3,90 toneladas referente ao peso próprio da laje existente.

- Carga acidental

Seguindo os parâmetros da NBR6120, tem-se que a carga acidental nas lajes de forro (laje superior) deverá ser igual a 0,5 KN/m² que equivalem a 50 kgf/m². Dessa forma, considerando que cada laje possui uma area igual a 51,98 m² tem-se que a carga acidental resultante nas lajes de forro será igual a 2,6 toneladas por laje. Considerando que 50% da carga acidental será transferida para as vigas e que a laje encontra-se bi-apoiada, tem-se que cada viga de reforço de apoio da laje de cobertura receberá uma carga igual a 0,65 tf.

Para a laje de piso, tem-se que a carga acidental para corredores e salas de aula, deverá ser igual a 3 KN/m² que esquivale a 300 kgf/m². Dessa forma, considerando que cada laje possui uma area igual a 51,98 m² tem-se que a carga acidental resultante nas lajes de piso será igual a 15,60 toneladas por laje. Considerando que 50% da carga acidental será transferida para as vigas e que a laje encontra-se bi-apoiada, tem-se que cada viga de reforço de apoio da laje de piso receberá uma carga igual a 3,90 tf.

- Cargas permanentes

Para o presente cálculo, será considerado que as cargas permanentes na laje de cobertura será igual a carga gerada pelo telhamento+estrutura de madeira que compõem a cobertura da edificação. Dessa forma, considerando que a cobertura da presente edificação é de telha estrutural de fibrocimento com tesouras e trama de madeira, tem-se que o carregamento resultante da cobertura será igual a 60 kgf/m². Dessa forma, considerando que cada laje possui uma área igual a 51,98 m² tem-se que a carga resultante da cobertura sobre a laje de cobertura será igual a 3,12 tf. Considerando que 50% da carga acidental será transferida para as vigas de reforço e que a laje encontra-se bi-apoiada, tem-se que cada viga de reforço de apoio da laje de cobertura receberá uma carga igual a 0,78 tf.

Na laje de piso, tem-se que a carga permanente a ser considerada deverá ser a carga proveniente do revestimento cerâmico que será adicionado. Considerando a carga de revestimento cerâmico como sendo igual a 54 kgf/m². Dessa forma, considerando que cada laje possui uma área igual a 51,98 m² tem-se que a carga resultante do revestimento cerâmico sobre a laje de piso será igual a 2,97 tf. Considerando que 50% da carga

acidental será transferida para as vigas e que a laje encontra-se bi-apoiada, tem-se que cada viga de reforço de apoio da laje de piso receberá uma carga igual a 0,75 tf referente ao revestimento cerâmico que será executado.

Resumo do carregamento

Com as considerações demonstradas acima, tem-se que o carregamento total proveniente nas vigas de reforço estrutural nos pontos de apoio da laje alveolar a serem consideradas, será, além do peso próprio:

- Vigas de Cobertura: 5,33 tf. Considerando que cada viga de reforço da laje de cobertura possuirá um comprimento igual a 7,70 m, tem-se que o carregamento em cada viga do reforço estrutural será igual a 0,69 tf /m.

- Vigas de Piso: 8,55 tf. Considerando que cada viga de reforço da laje de piso possuirá um comprimento igual a 7,70 m, tem-se que o carregamento em cada viga do reforço estrutural será igual a 1,11 tf /m.

7.9.2 Cobrimento das peças estruturais

Para determinação do cobrimento das peças estruturais utilizadas, utilizou-se os parâmetros das tabelas 6.1, 7.1 e 7.2 da NBR6118 demonstradas a seguir.

Tabela 6.1 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Considerando o ambiente em que a estrutura será executada, tem-se que a mesma se enquadra na categoria Marinha pelo fato de o município de Paranaguá possuir Oceano. De acordo com a tabela 6.1, tem-se que a classe de agressividade ambiental correspondente é a III (Forte). Porém, seguido o disposto na alínea 1 e considerando que as estruturas serão construídas internamente ao prédio em ambiente seco, tem-se que a classe de agressividade cairá um nível. Dessa forma, a classe de agressividade utilizada

será a classe II (Moderada).

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40
NOTAS 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655. 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado. 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

Considerando o disposto na tabela 7.1, para a classe de agressividade II estruturas de concreto armado deverão possuir concreto com classe de resistência igual ou superior a C25. A resistência do concreto utilizado será igual a 25 Mpa que corresponde a classe de resistência C-25.

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para Δc = 10 mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobertura nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55
¹⁾ Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão. ²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobertura nominal ≥ 15 mm. ³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal ≥ 45 mm.					

De acordo com a tabela 7.2, em estruturas de concreto armado sujeitas a classe de agressividade II, deve-se utilizar um cobertura igual a 25 mm para lajes e 30 mm para vigas e pilares. Dessa forma, o software será configurado de acordo com o exigido.

7.9.3 Fundações

Para determinar as fundações a serem utilizadas, contratou-se empresa especializada para realização do ensaio SPT para caracterização do solo. O relatório de sondagem, encontra-se em anexo.

De acordo com o relatório de sondagem, o perfil do solo a ser considerado é tipicamente arenoso. Analisando o relatório, constata-se que o solo analisado possui boa capacidade de suporte já nas primeiras camadas. Dessa forma, prezando pela economia, será utilizado fundação rasa do tipo Sapata.

O dimensionamento das sapatas é realizado pelo software Eberick a partir das características definidas pelo projetista.

O tipo de solo considerado para o dimensionamento é o arenoso. Para se determinar a capacidade de suporte do solo, utiliza-se a relação de Alonso (1943) e Teixeira e Godoy (1996), que determina:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{spt}}{0,05}$$

Onde o N_{spt} é a Média Aritmética dos SPT's na região da cota de apoio da sapata até o término do bulbo de pressão.

Considera-se o Bulbo de Pressão como sendo igual a $2B$, em que B é igual a menor dimensão da sapata. Para fins de cálculo, será considerado o valor de B como sendo igual a 1 metro. Dessa forma, tem-se que o bulbo de pressões agirá até 2 metros abaixo da cota de apoio da sapata. Determinou-se a cota de apoio da sapata como sendo igual a 1 metro abaixo do nível 0 do solo. Dessa forma, tem-se que o SPT médio da cota -1 até a cota -3 é igual a 9. Com isso, tem-se que a pressão admissível será igual a:

$$\sigma_{adm} = \frac{9}{0,05}$$
$$\sigma_{adm} = 180 \text{ KN/m}^2 = 1.83 \text{ Kgf/cm}^2$$

Dessa forma, considera-se que o solo em questão suporta sem sofrer recalque uma carga de até 1.83 kgf/cm^2 .

Com isso, determina-se a capacidade de suporte real do solo em que será feita a fundação. A área das sapatas é obtida em função do carregamento a que a mesma está sujeita e a capacidade de suporte do solo. Dessa forma, considera-se a carga resultante de cada pilar (demonstrado pela planta de locação) e determina-se a área necessária da sapata considerando a capacidade de suporte do solo.

Os esforços solicitantes sobre cada sapata e o detalhamento estrutural, encontram-se no projeto de reforço estrutural em anexo.

Para a execução das sapatas, deverá ser seguido os parâmetros a seguir.

- Concreto Estrutural com resistência característica $f_{ck} = 25$ Mpa (Classe C-25);
- Relação água/cimento menor ou igual a 0,6;
- Tipo de cimento recomendado: Cimento Portland II Z ou ARI (pozolânico ou de alta resistência inicial);
- Cobrimento do aço: 3 cm;

7.9.4 Pilares

Será previsto a execução de cinco pilares em concreto armado equidistantes para sustentar a estrutura de reforço estrutural a ser executada. As dimensões dos pilares utilizados será igual a 15x30 cm. Será utilizado a mesma dimensão em todos os pilares para facilitar a execução e contribuir para o reaproveitamento de formas. A área da seção dos pilares, será superior ao mínimo estipulado pela NBR6118 (360 cm²).

Para o dimensionamento, o software eberick considera o índice de esbeltez de cada pilar, o carregamento, os momentos fletores atuantes sobre o topo e sobre a base de acordo com a norma NBR6118 e o carregamento considerado. O detalhamento estrutural e a disposição dos pilares está demonstrado na prancha de reforço estrutural em anexo.

Para a execução dos pilares, deverá ser seguido os parâmetros a seguir.

- Concreto Estrutural com resistência característica $f_{ck} = 25$ Mpa (Classe C-25);
- Relação água/cimento menor ou igual a 0,6;
- Tipo de cimento recomendado: Cimento Portland II Z ou ARI (pozolânico ou de alta resistência inicial);
- Cobrimento do aço: 3 cm;

7.9.5 Vigas

Será executado 4 vigas de reforço de cada lado do apoio a ser executado. A nomenclatura utilizada para as vigas será:

VB – Vigas Baldrame – Terá como função suportar a carga das paredes de alvenaria de vedação do primeiro pavimento;

VP – Vigas Superiores – Terá como função suportar a carga da laje alveolar de piso existente que está gerando esforços de flexão nas vigas existentes;

VBP – Vigas Baldrames Superiores – Terá como função suportar a carga das

paredes de alvenaria de vedação do segundo pavimento;

VC – Vigas de Cobertura – Terá como função suportar a carga da laje alveolar de forro existente que está gerando flexão nas vigas existentes;

Para a execução das vigas, deverá ser seguido os parâmetros a seguir.

- Concreto Estrutural com resistência característica $f_{ck} = 25$ Mpa (Classe C-25);
- Relação água/cimento menor ou igual a 0,6;
- Tipo de cimento recomendado: Cimento Portland II Z ou ARI (pozolânico ou de alta resistência inicial);
- Cobrimento do aço: 3 cm;

O detalhamento de todos os elementos estruturais para reforço, como dimensões, posições e armadura está demonstrado nas pranchas de reforço estrutural em anexo.

8 ELEMENTOS SUBSIDIÁRIOS À EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

O orçamento de todos os itens necessários para a realização da recuperação estrutural da edificação encontram-se na planilha de obras total para recuperação e reforma do colégio municipal de educação infantil.

Os itens e o quantitativo a serem executados descritos no presente laudo, encontram-se nos sub-itens específicos dentro do orçamento global.

O cronograma físico financeiro da recuperação, está demonstrado em conjunto com o cronograma físico financeiro dos demais serviços a serem executados, uma vez que a recuperação estrutural da edificação e a reforma serão realizadas simultaneamente.

9. RELATÓRIO FOTOGRÁFICO COMENTADO



Na imagem acima, tem-se o desgaste existente em umas das vigas da fachada que serão removidas conforme item 7.2 e danos na cobertura que será substituída conforme item 7.1.



Concreto exposto às intempéries. Necessidade de lavagem, raspagem e pintura de borracha clorada conforme item 7.6.



Viga com danos de corrosão. Necessidade de recuperação conforme item 7.3.



Vigas da Fachada atingida por corrosão da armadura e deslocamentos de concreto. Necessidade de remoção conforme item 7.2.

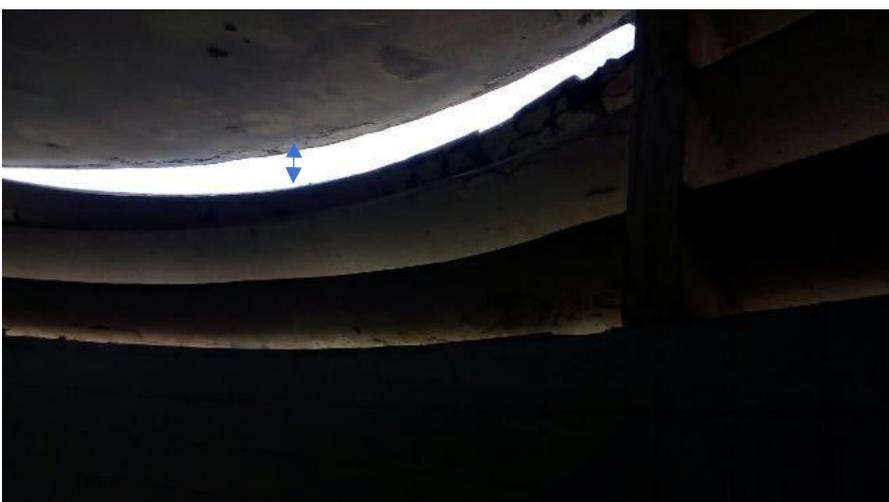




Danos provocados por umidade devido a infiltrações. Bolhas, desagregação dos filmes e bolores. Necessidade de lavagem, raspagem e re-pintura conforme item 7.6.



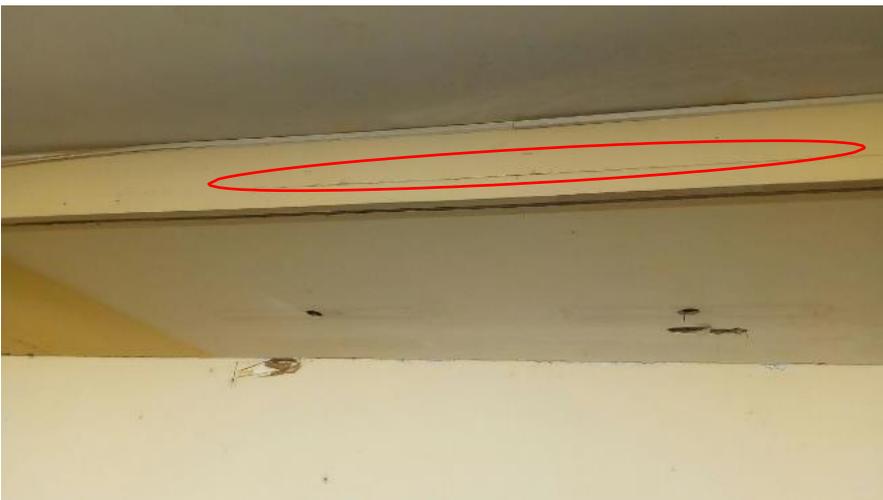
Desagregação de brises de concreto armado por corrosão.



Flecha provocada por rompimento da armadura nos brises de concreto armado. Necessidade de remoção conforme item 7.2.



Desagregação de peça de concreto armado por corrosão da armadura e desagregação do concreto. Necessidade de recuperação estrutural conforme item 7.3.



Fissura em viga de sustentação da laje do segundo pavimento. Necessidade de execução de alvenaria de tijolos de concreto conforme item 7.7, remoção de piso de granitina superior conforme item 7.4 e vedação de fissura conforme item 7.5.



Flexão da viga e fissura entre a viga e a alvenaria. Solução execução de itens 7.7, 7.4 e 7.5.



Umidade, bolhas, descolamento da pintura e corrosão na laje da cobertura. Solução execução de itens 7.3, 7.4, 7.6.



Peças estruturais na fachada com risco de colapso devido corrosão. Retirar vigas de fachada conforme item 7.2 e recuperar pilares conforme item 7.3.



Piso de granitina sobre piso original. Sobre peso que causou flexão. Remover piso existente conforme item 7.4



Pilares esbeltos na fachada sendo atacados pela corrosão. Recomposição conforme item 7.3.



Alvenaria com revestimento comprometido pela umidade. Devera ser promovido a selagem de trincas conforme item 7.5 e lavagem, raspagem e pintura conforme item 7.6.



Frente da edificação. Local onde havia uma seringueira. Não há sinais de danos na fundação provocada pela mesma.



Fraturas típicas de flexão da viga. Promover remoção da camada de granitina conforme item 7.4 e reforço nos pontos de apoio da laje pre moldada conforme item 7.9. Após reforço, proceder com vedação das fissuras conforme item 7.5 e lavagem, raspagem e repintura conforme item 7.6.



Deslocamento da laje pré moldada. Solução: Reforço estrutural conforme item 7.9.



Deslocamento da viga pré moldada e descolamento do revestimento. Solução: Recuperação estrutural conforme item 7.3.



Muro de concreto armado da área externa afetado pela umidade. Solução: lavagem, raspagem e pintura conforme item 7.6.



Fraturas inclinadas e horizontais de flexão de viga. Solução: Reforço estrutural conforme item 7.9.



Laje parcialmente comprometida. Risco iminente de desabamento. Solução item 7.9, recuperação das trincas conforme item 7.5 e lavagem, raspagem e repintura conforme item 7.6.



Local onde serão instalados os reforços com tubos metálicos conforme item 7.8.

O memorial descritivo em anexo, é parte extensível do presente laudo. Qualquer dúvida que venha a ocorrer durante a execução dos serviços, deverá ser contatado a fiscalização do município e/ou o responsável técnico pela elaboração do serviço.

Paranaguá/PR, 17 de Julho de 2018.

MARCO ANTÔNIO HANSEN
HANSEN & MELO LTDA - ME
Engenheiro Civil
CREA-PR 160.630/D

ANEXO I – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA

ANEXO II – RELATÓRIO DE SONDAGEM

ANEXO III – PRANCHAS DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL