



VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO ESTADO ATUAL DE UM
PISO DE CÂMARA FRIGORIFICA APÓS INCÊNDIO

SÃO PAULO

2019



PAULO ALBERTO SCATONE

VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO ESTADO ATUAL DE UM
PISO DE CÂMARA FRIGORIFICA APÓS INCÊNDIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Civas, Pós-Graduação lato sensu, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Civas.

Orientador: Prof. Msc. Luís César Siqueira De Luca.

SÃO PAULO

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a oportunidade de concluir mais um ciclo de vida e aos meus pais que sempre acreditaram no meu potencial. Sem eles, seria muito difícil ter chegado até aqui.

Ao engenheiro Civil Prof. Luís César Siqueira De Luca pela atenção e paciência para orientar de maneira precisa e oportuna.

Aos professores do Instituto IDD pelos valiosos ensinamentos.

E, finalmente, aos colegas de classe pelas amizades e pelo estreitamento de laços profissionais.

RESUMO

Pisos industriais de câmaras frigoríficas são construídos com particularidades técnicas peculiares para que suportem temperaturas de até -35°C . Essas peculiaridades consistem desde o tipo de dimensionamento do piso até um sistema de ventilação para mantê-lo em temperaturas no qual não congele, sendo isto um grande investimento, com mão de obra altamente especializada. O presente estudo de caso tem como objetivo avaliar as condições de um piso industrial de concreto refrigerado após um incêndio em câmaras frigoríficas para armazenagem de carnes e alimentos de origem láctea. Os bombeiros levaram cinco dias para apagar o fogo. A seguradora assumiu que iria pagar os danos, porém se posicionou que o piso estaria em condições de uso e que não cobriria o valor de uma nova construção, este que seria um dos itens mais dispendiosos. A justificativa para o estudo de caso foi para comprovar a alta degradação da estrutura de concreto que compõe o piso, sendo inviável sua recuperação. A partir disso, foi elaborado um plano de trabalho para que se justificasse que o piso, devido ao sinistro do incêndio ocorrido, não estaria em condições de ser reutilizado ou recuperado tendo em vista os danos verificados após o ocorrido. Foi realizada uma vistoria no local onde foi minuciosamente feito o levantamento de todos os danos e suas manifestações patológicas para caracterizar os fatos. Para fundamentar mais ainda o estudo, foi contratado um laboratório para que se extraísse corpos de prova do piso e que foram submetidos a análises de resistência da compressão axial e resistência à tração por compressão diametral. Após as análises laboratoriais e a vistoria técnica do local, foi constatado, através dos ensaios, que o concreto do piso não foi avariado em sua resistência e estava em condições normais, mas devido as consequências dos estragos que o fogo ocasionou, a estrutura de concreto do piso ficou completamente danificada, inviabilizando uma intervenção de recuperação dos danos para reaproveitar a estrutura do piso de concreto.

Palavras chave: Pisos industriais, manifestações patológicas, resistência ao fogo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Mecanismo de degradação do concreto	15
Figura 02	Degradação por meio de ácidos.....	16
Figura 03	Fator de redução da resistência do concreto em função da temperatura.....	18
Figura 04	Fluxograma de atividades para o estudo de caso.....	23
Figura 05	Pontos de extração de corpos de prova.....	25
Figura 06	Vista aérea da área original antes do sinistro.....	26
Figura 07	Alocação das câmaras frigoríficas.....	31
Figura 08	Porcentagem de danos identificados no piso das câmaras frigoríficas.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Ensaio de avaliação da resistência à compressão axial.....	40
Tabela 02	Ensaio de avaliação da resistência a tração por compressão diametral.....	40

LISTA DE FOTOS

Foto 01	Efeitos de altas temperaturas sobre o concreto.....	19
Foto 02	Restos de material inerte após sinistro.....	29
Foto 03	Escombros após o sinistro.....	29
Foto 04	Vista do piso após incêndio e operação de rescaldo.....	30
Foto 05	Desgaste superficial do piso de concreto.....	33
Foto 06	Abrasão de superfície com exposição de agregados.....	34
Foto 07	Fissuração térmica no piso de concreto.....	34
Foto 08	Ruptura de bordas e afundamento de piso.....	35
Foto 09	Detalhe dos vãos onde ocorreram as infiltrações de chorume.....	35
Foto 10	Avarias no concreto causadas pelo fogo.....	36
Foto 11	Vista do isolamento de poliestireno expandido do piso de concreto degradado.....	36
Foto 12	Sistema de ventilação do piso totalmente comprometido.....	37
Foto 13	Vista do isolamento térmico danificado.....	37
Foto 14	Piso completamente quebrado.....	38
Foto 15	Afundamento do piso de concreto.....	38
Foto 16 A	Extração dos corpos de prova.....	39
Foto 16 B	Corpo de prova extraído.....	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Classificação de danos e restaurações.....	22
Quadro 02	Constatações de vistoria visual técnica de campo.....	32

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
RESUMO.....	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELAS.....	5
LISTA DE FOTOS.....	7
LISTA DE QUADROS.....	8
SUMÁRIO	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2. OBJETIVO GERAL	12
1.3. HIPÓTESE	12
1.4. JUSTIFICATIVAS	12
1.4.1. Tecnológicas	12
1.4.2. Econômicas	13
1.4.3. Sociais	13
1.4.4. Ecológicas	13
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1. ATAQUE QUÍMICO NO CONCRETO.....	15

2.2.	AÇÃO DE ALTAS TEMPERATURAS NO CONCRETO.....	17
2.3.	RESISTÊNCIA AO FOGO.....	19
3.	ESTUDO DE CADO.....	23
3.1.	SISTEMATIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	23
3.1.1.	Investigação.....	24
3.1.2.	Análise dos fatos.....	24
3.1.3.	Coleta de corpos de prova.....	24
3.2.	CARACTERÍSTICAS DO PISO AVALIADO.....	26
3.3.	INFORMAÇÕES SOBRE O SITE	27
3.3.1.	Informações a respeito do sinistro	28
3.3.2.	Constatações de campo.....	30
3.4.	VISTORIA	33
3.4.1.	Piso da câmara.....	33
3.4.2.	Ensaios.....	39
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	40
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	43
5.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
5.2.	RECOMENDAÇÕES.....	45
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por temática principal o piso industrial de câmaras frigoríficas cujas características apresentam peculiaridades em relação à constituição de um piso industrial convencional. De modo a evitar a formação de gelo ou seu congelamento, o piso é provido de um sistema de ventilação forçada colocado imediatamente acima da sub-base. Em um nível acima é colocada uma barreira de vapor e uma camada de isolamento que também ajudam nesta tarefa. (JOHNSTON, 1994).

A construção deste tipo de pavimento é delicada, o tratamento correto da superfície do piso industrial é essencial para se consiga responder da melhor forma às solicitações que lhe são impostas, como cargas excessivas, variações de temperaturas ou ataques de agentes químicos. (PACHECO, 2015).

Um piso de qualidade é aquele que atende às especificações de projeto quanto à resistência solicitada e índices de planicidade e nivelamento, aliadas a um bom resultado estético quanto ao acabamento superficial. (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO, 2009).

Na construção de uma edificação industrial, o piso térreo é o elemento mais importante que requer cuidados elevados durante a fase de projeto e de execução. O piso apresenta-se como um dos três elementos essenciais de uma edificação: cobertura, vedação lateral e piso. Esta importância atribuída ao piso não é apenas funcional como também se reflete no peso econômico que este elemento tem em toda a construção. Existem casos em que este pavimento pode representar mais de 50% do investimento total da edificação. Ao contrário dos pisos elevados, lajes estruturais correntes, um piso térreo consiste numa laje térrea horizontal de uma construção, diretamente apoiada no solo. A execução de um piso industrial deve obedecer a diversos critérios de dimensionamento. As exigências funcionais a que os pisos estão sujeitos decorrem de diversos aspetos, mas sobretudo estão ligadas ao tipo de utilização. Estas exigências condicionam todas as constituintes do piso, desde a sua fundação, estrutura e muito particularmente o revestimento ou acabamento que o piso recebe. Como à execução adequada destes pisos obriga a uma elevada qualidade, são frequentes os casos de manifestações patológicas e anomalias decorrentes da não satisfação dos requisitos recomendados. (PACHECO, 2015).

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Em quais condições se encontra o piso com ventilação forçada de uma câmara frigorífica após um incêndio?

1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é verificar as condições do estado atual de um piso industrial com ventilação forçada de câmaras frigoríficas após um incêndio.

1.3. HIPÓTESE

Presume-se que à influência do fogo no piso de concreto tenha sido desprezível, levando em consideração que as chamas e o calor tendem a subir.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Tecnológicas

Justificar tecnicamente a inviabilidade do reaproveitamento do piso com sistemas e metodologias de recuperação extremamente dispendiosas e com alto grau técnico como a degradação completa do sistema de ventilação, sendo que este sistema não existe como se proceder a reparos pontuais uma vez que foi completamente danificado. Também oportunizará a elaboração de um novo projeto com toda a sofisticação tecnológica que a demanda exige para que a operação do site tenha um desempenho superior ao qual inicialmente foi construído.

1.4.2. Econômicas

Devido ao alto custo de materiais e mão de obra especializada para a execução de procedimentos de recuperação do piso e o sistema de ventilação para o funcionamento adequado das câmaras frigoríficas, justifica-se a demolição total do piso devido aos danos causados em decorrência do incêndio. A construção de um novo piso industrial com ventilação forçada irá proporcionar fonte de trabalhos para este segmento específico da área de construção civil, oferecendo a oportunidade de trabalho e geração de empregos para o setor envolvido. Outro fator são os reparos no piso que são delicados e o tempo em que este ativo estiver parado conta como prejuízo, de forma que se demolir o existente e preparar uma nova construção com projeto de piso bem específico e elaborado, o tempo de execução para este site voltar a operar será menor.

1.4.3. Sociais

Com o ativo parado, muitos trabalhadores foram dispensados devido à falta de operação da câmara frigorífica. Empregos diretos e indiretos foram afetados devido ao incêndio. Com um novo projeto de magnitude considerável na cidade, irá possibilitar a oportunidade de novos empregos na região e desenvolvimento do comércio da construção civil.

1.4.4. Ecológicas

Oportunidade de criação de modelo de intervenção de construção com controle de geração de impactos ambientais e controle tecnológico para descarte e reaproveitamento dos resíduos gerados provenientes das demolições. Além disso, com a demolição do piso, será possível realizar um plano de recuperação e análise de contaminação do solo após o incêndio e a formação de chorume devido à queima de materiais de origem animal que se infiltraram no solo, tendo em vista as grandes quantidades de água e a formação de material orgânico queimado.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi realizado em duas etapas, sendo primeiramente realizado um estudo de caso onde foi contemplado com a vistoria técnica em campo pormenorizada com fotos logo após o incêndio e a retirada de corpos de prova para ensaios de compressão e flexo-tração.

A segunda etapa será a realização da pesquisa bibliográfica e referencial teórico para o embasamento técnico científico do estudo de caso.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos, cujos assuntos abordados serão apresentados a seguir.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo de caso e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a fundamentação teórica e discorre sobre o ataque químico no concreto, ação de altas temperaturas no concreto e resistência ao fogo.

O **Capítulo 3** trata sobre o programa a sistematização do estudo de caso empregado neste trabalho, vistoria realizada e extração dos corpos de prova.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base nos ensaios realizados nos corpos de prova e constatação de manifestações patológicas na vistoria.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca do estudo de caso conforme os ensaios e as constatações em campo e recomendações para trabalhos futuros.

Neste capítulo foram abordados os parâmetros principais desse trabalho, tais como o seu objetivo, justificativas e os procedimentos metodológicos que serão adotados para o estudo desse caso; já o capítulo seguinte apresentará a revisão bibliográfica que serviu de base para o estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Serão abordados neste capítulo assuntos relativos ao objeto em estudo, tais como ataque químico no concreto, ação de altas temperaturas no concreto e resistência ao fogo.

2.1. Ataque químico no concreto

A degradação do concreto ocorre quando este possui baixa resistência aos processos de deterioração, sendo que quanto mais poroso (estrutura interna e externa) maior a intensidade de agentes degradantes como: sulfatos, cloretos, reação álcali-agregado, ataque de água pura, água do mar, carbonatação e ataque por ácidos. (ZAPATA, 2007).

O pH basal de um concreto está por volta de 12,5 e 13,5 e quando este valor cai ocorre uma desestabilização do seu equilíbrio, deixando de ser alcalino e se tornando mais ácido.

Abaixo segue o esquema do mecanismo de atuação:

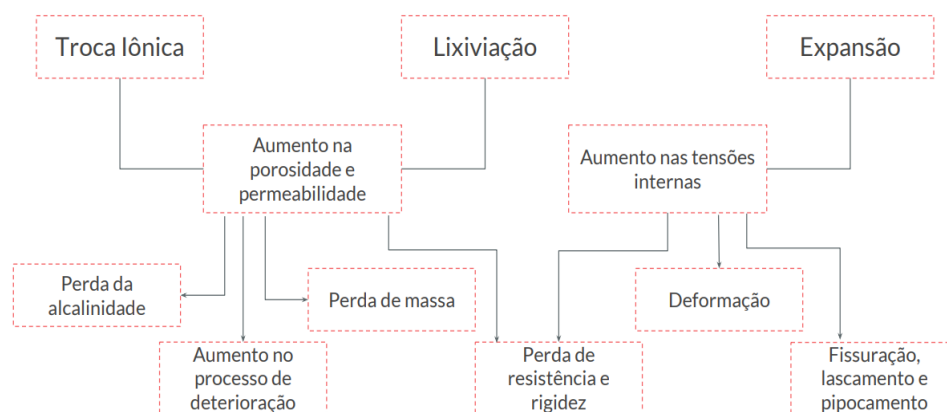


Figura 01: Mecanismo de degradação do concreto

O contato do concreto com substâncias ácidas em níveis elevados não é habitual. Já as chuvas ácidas nas grandes cidades e zonas industriais são mais frequentes.

Os ácidos atuam na superfície do concreto destruindo seu sistema poroso e produzindo uma transformação completa na pasta de cimento endurecida. O resultado é a perda de massa e uma redução da seção transversal do concreto em camadas sucessivas a partir da face exposta, sendo a velocidade da degradação compatível com a concentração de ácido em contato com o concreto. (ANDRADE, 2003).

Os fluidos agressivos penetram nos poros do concreto de três formas: difusão, concentração iônica entre fluidos internos e externos e por forças capilares. (FERREIRA, 2000).

Reações químicas causam efeitos nocivos como aumento da porosidade e permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e destacamento. (MEHTA, 1994).

Durante o período de rescaldo, a ação conjunta de materiais orgânicos em decomposição com a água proveniente do processo de extinção das chamas gera um líquido com característica de elevada acidez, que reagindo com o concreto, que se caracteriza por ser constituído de elementos químicos de base, (alcalinos), conforme HELENE, 1993 despassivando sua armadura e permitindo ataques químicos em sua estrutura, influenciando para que o piso perca suas propriedades como resistência ao impacto, ao escorregamento, deslocamentos, fissuras e prejudicando de forma significativa sua operação, manutenção e higiene. (NÓBREGA, 2008).

Abaixo segue o gráfico mostrando o poder corrosivo do ácido em contato com o concreto:

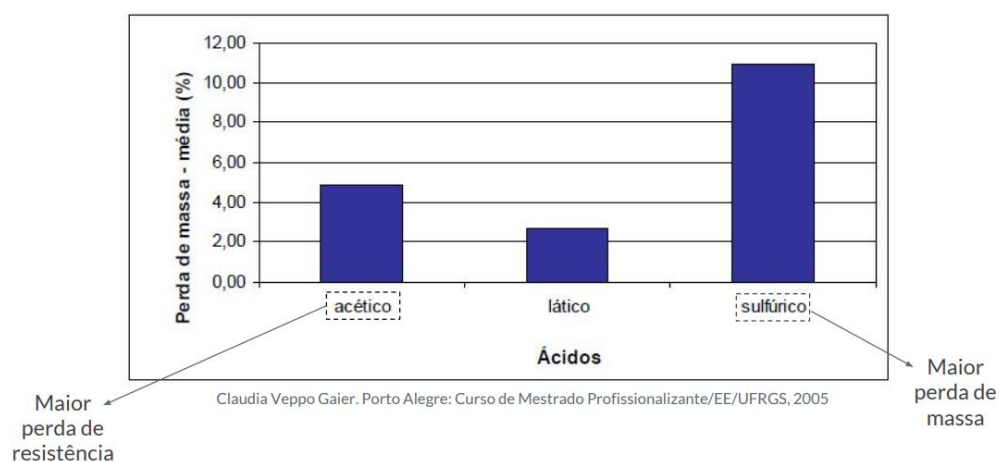


Figura 02: Degradação por meio de ácidos no concreto

Além disso, quando há infiltração de líquidos nas camadas internas da estrutura, durante a operação, as temperaturas podem variar de -5°C e -35°C . Com base na literatura técnica, esse líquido pode aumentar seu volume em até 4%, causando deformações irreversíveis na superfície. (JONHSTON, 1994; PACHECO, 2015).

2.2. Ação de Altas temperaturas no concreto

O teor de umidade do concreto é um fator preponderante na perda de resistência e alteração do pH. Para manter a boa manutenção do revestimento do piso deve-se absverar as recomendações da NBR 14050 Revestimento de pisos de alto desempenho. Conforme MORALES, 2011 na exposição do concreto a temperaturas acima de 100°C ocorre a evaporação de água exixtente nos poros, ocasionando a desidratação do silicato de cálcio, diminuendo a resistência do concreto.

A umidade presente no piso de concreto, o tamanho das placas e a taxa de elevação da temperatura são fatores influentes, uma vez que determinam o estado das pressões internas e contribuem com os deslocamentos. (MEHTA& MONTEIRO, 1994).

Outro efeito que ocorre ao concreto é que, por sua baixa condutividade térmica, em contato direto com o fogo cria-se no interior do piso “camadas” com temperaturas diferenciadas, cuja diferença é mais acentuada nas extremidades (camada superficial versus camada de base). Entre essas camadas surgem tensões térmicas, que podem, em alguns casos, ser superiores à tensão de tração da matriz cimentícia, provocando fissuração e o aparecimento de “camadas independentes” no interior do concreto, comprometendo sua monoliticidade. (JONHTON, 1994).

O grau de fissuração é itensificado nas juntas, regiões mal adensadas e nos planos de barras de armadura, com perda significativa nestes locais de material, contribuindo para a perda da camada de cobrimento. Quando o aquecimento alcança a armadura, ela passa a conduzir calor, acelerando o processo de aquecimento. (NEVILLE 1997).

Durante o incêndio, por sua natureza o piso não foi preparado para suportar as altas temperaturas propagadas pelas chamas no ambiente e segundo a literatura citada acima, o concreto sofre danos de forma irreversível em relação à resistência mecânica,

diminuindo sua capacidade de carga.

A partir do que preconiza à ABNT NBR15200 PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO, Procedimento, 2012, permite-se estimar a capacidade dos elementos estruturais de concreto em situação de incêndio a partir da resistência à compressão em determinadas temperaturas.

Conforme indicado no gráfico abaixo, quanto maior a temperatura, há uma diminuição significativa da resistência do concreto à compressão.

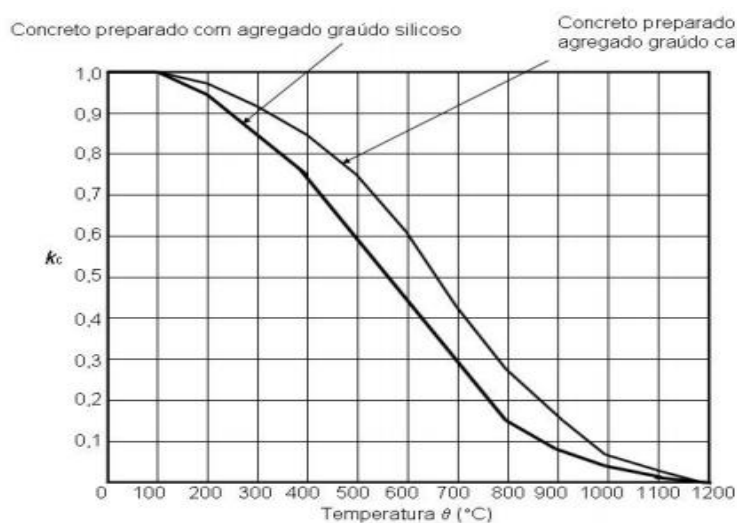


Figura 03: Fator de redução da resistência do concreto em função da temperatura, (NBR 15200/2012).

Os sinistros de incêndio, entre outros, são classificados como ações imprevisíveis a que as edificações estão sujeitas, resultando em esforços bruscos gerados por movimentações e deformações, os quais não são absorvidos pela estrutura, originando em comprometimento total ou parcial da mesma. (ANDERBERG, 1997).

Durante o incêndio, à elevação da temperatura produz tensões internas que podemos traduzi-las como expansão térmica dos materiais constituintes do concreto armado. Tais expansões são diferenciadas entre materiais, ou seja, entre o concreto e o aço, está a diferença entre os coeficientes de dilatação térmica dos materiais. (GOUVÊIA, 2000).

Como o coeficiente de dilatação térmica do aço é diversas vezes superior ao do concreto, durante o processo haverá a ruptura da união entre os dois materiais, em outras palavras, a aderência entre os mesmos estará prejudicada. (MEHTA, 1994).

Este fenômeno faz com que, em primeira estância ocorra o destacamento da camada de cobrimento das peças estruturais, expondo diretamente as armaduras às chamas. Na sequência, à elevação da temperatura da peça promoverá a degradação do concreto. (ANDERBERG,1997).

Podemos observar na foto abaixo, o efeito das chamas que se propagam para o alto, atingindo o muro entre as câmaras 2 e 3 e o piso, com sinais visíveis de degradação proveniente das chamas.



Foto 01: Efeito de altas temperaturas sobre o concreto.

2.3. Resistência ao fogo

Nas estruturas de concreto armado, esta propriedade pode ser definida como a capacidade de um determinado elemento estrutural permanecer durante certo tempo sob a ação de altas temperaturas exercendo adequadamente as funções para as quais foi dimensionado, sem perder suas propriedades. (COSTA, 2002).

Durante um incêndio, o concreto exposto a temperatura acima de 300°C apresentará mudanças nas suas características com o decréscimo da resistência a compressão, diante da elevação da temperatura. (LIMA, 2004).

Segundo MORALES, 2011 entre 100°C e 300°C a água livre existente nos poros e capilares evapora, porém as alterações no aglomerante são pequenas ocorrendo perdas pouco significantes da resistência. Para faixas entre 300°C e 400°C à estrutura do gel do cimento tem perda de água resultando em perdas consideráveis da resistência e fissuras superficiais.

Entre 400°C e 500°C existe transformação do hidróxido de cálcio em cal viva. Acima de 600°C os agregados, possuindo coeficientes de dilatação diferentes, resultarão em expansão diferenciada, que gera tensões internas comprometendo a coesão entre os materiais, produzindo desagregação da massa do concreto.

Acima de 1000°C o concreto sofrerá sinterização, tendo sua resistência bastante comprometida, resultando material calcinado.

Neste sentido, observando-se a coloração na superfície de peças estruturais expostas ao fogo, pode-se avaliar a temperatura de exposição e a perda de resistência. (MORALES, 2011).

De acordo com estudo desenvolvido pelo Engº Eládio G.R.Petrucci “A ação do fogo sobre as estruturas de concreto armado e protendido”, um ponto importante na avaliação dos danos causados, é a avaliação do tempo de duração do incêndio.

Segundo PETRUCCI, 1972 o tempo de duração do fogo é dado importante na avaliação dos danos causados aos materiais e à própria estrutura. Entretanto, sua determinação quase que só pode ser feita pelas informações de pessoas que estiveram no início do incêndio.

A temperatura máxima ocorrida em diferentes locais atingidos pelas chamas, podem ser determinadas por vários processos. Um dos modos de avaliar esta temperatura é o da observação do concreto submetido ao fogo. Até cerca de 300°C não há observação de coloração. Dos 300°C aos 600°C a coloração tende para rosa, variando dos 600°C aos 800°C para um cinza esbranquiçado, chegando ao amarelo alaranjado nos 950°C.(PETRUCCI,1972).

Evidentemente, se o cobrimento caiu, a coloração do interior do concreto servirá para avaliar a que temperatura este concreto esteve submetido, mas poderá não dar elementos para ajuizar da temperatura máxima ambiente. A extração de um corpo de prova com observação da eventual cor, às vezes, permite verificar como a temperatura progrediu no interior da peça.

Ainda de acordo com PETRUCCI, 1972 podemos classificar os danos causados por incêndio conforme o critério a seguir apresentado:

1ª Ordem: Os danos de primeira ordem são superficiais, mais relacionados ao aspecto: sujeira, fuligem, queda de algum revestimento de armadura, microfissuração superficial e que normalmente com uma ligeira operação plástica o problema é reparado.

2ª Ordem: Os danos de segunda ordem são mais profundos, exigindo em geral uma substituição do revestimento, às vezes uma melhoria na aderência, as operações de recuperação são de maior vulto.

3ª Ordem: Os danos de Terceira ordem são os indefinidos, aparentemente graves. Precisam ser estudados com atenção para classificá-los como de segunda, ou passá-los para a quarta ordem.

4ª Ordem: Os de quarta ordem exigem a substituição total da peça, isto é, ela não tem mais condições. Devem ser demolidas ou reforçadas.

Quanto aos reparos e reforços a serem executados, o trabalho adota o seguinte critério:

Classe 1: Tratamento superficial do revestimento.

Classe 2: Requer recolocação do concreto.

Classe 3: Examinar mais detalhadamente para classificar em 2 ou 4.

Classe 4: Apresenta redução apreciável na resistência. Remoção é necessária ou execução de reforço usando concretagem e armadura adicional.

Em síntese, considerando-se as anomalias registradas nos elementos construtivos, podemos caracterizar os danos ocorridos conforme quadro abaixo com as devidas sugestões para a restauração (PETRUCCI, 1972):

Ordem	Caracterização dos danos	Restaurações exigidas
1 ^a	Os danos de primeira ordem são superficiais como: sujeira, fuligem, queda de cobrimento, de armadura, micro fissuração superficial e que normalmente com uma ligeira operação plástica, o problema é superado.	Tratamento superficial de revestimento com mão de obra especializada.
2 ^a	Os danos de segunda ordem são os mais profundos, exigindo em geral uma substituição do cobrimento, às vezes uma melhoria da aderência; as operações de recuperação são de maior vulto.	Requer recolocação de concreto e à utilização de materiais e produtos de alto desempenho e tecnologia de reparos de engenharia.
3 ^a	Os danos de Terceira ordem são os indefinidos, aparentemente graves. Precisam ser estudados com muita atenção para desclassifica-lo como de segunda ordem ou passa-los para quarta ordem.	Examinar detalhadamente para classificar em 2 ^a ordem ou 4 ^a ordem.
4 ^a	Os danos de quarta ordem exigem a substituição total da peça, isto é, ela não tem mais condições. Deve ser demolida ou reforçada.	Apresenta redução apreciável da resistência. É necessária a remoção ou execução de reforço.

Quadro 01: Classificação de danos e restaurações.

3. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso a respeito do incêndio de câmaras frigoríficas no qual foi preciso realizar uma caracterização técnica dos danos causados no piso com ventilação forçada para que a seguradora pudesse pagar à indenização do bem sinistrado para a empresa segurada.

3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso foi realizado seguindo as etapas mostradas na figura 3, as quais contemplam etapas de investigação, análise dos fatos em campo e coleta de corpos de prova.



Figura 04: Fluxograma de atividades para realização do estudo de caso.

3.1.1 INVESTIGAÇÃO

O trabalho de investigação teve início desde a ocorrência do sinistro quando foi comunicado que as câmaras frigoríficas pegaram fogo. Não foi investigado com precisão o motivo inicial e a causa precisa do início do sinistro, mas é sabido que teve seu início na câmara 5. No dia do incidente haviam poucos colaboradores presentes. Foram coletados os relatos e as informações foram apuradas realizando o cruzamento de informações, conforme descrito no capítulo 3.3.1.

3.1.2. ANÁLISE DOS FATOS EM CAMPO

Após o controle do fogo por parte da equipe de bombeiros, iniciaram os trabalhos de campo com as vistorias técnicas a fim de que fossem levantados os danos causados, os tipos de manifestações patológicas encontradas e a avaliação do estado do piso, este que teoricamente foi o único que restou em decorrência do incêndio. Concomitantemente às vistorias da estrutura do piso de concreto, foi realizada uma avaliação do impacto ambiental causado e os meios de recuperação para a descontaminação do solo oriunda do chorume.

3.1.3. COLETA DE CORPOS DE PROVA

Foi contratada uma empresa no qual é especializada em ensaios laboratoriais para realizar a extração de corpos de prova do piso industrial. Os ensaios executados foram o de compressão axial e de resistência à tração por compressão diametral. A escolha deste tipo de ensaios seguiu algumas hipóteses devido ao comportamento do fogo e a estrutura em questão. Foi escolhido o ensaio de extração de corpos de prova dos 13 mil metros quadrados de projeção de piso para verificar a coloração interna do concreto e observar a sua resistência, pois se tivesse sofrido ação direta do fogo, a sua resistência tenderia a ser baixa para um piso industrial. E para tirar a contra prova, o ensaio de tração à compressão diametral, que deveria ser de 10% do valor da compressão axial.

Os resultados mostraram que o concreto em si não foi danificado e não houve perda de capacidade de compressão ocasionada pelo incêndio, que será descrito no capítulo 4 na apresentação e análise dos dados.

Na figura apresentada abaixo, a área em verde foi extraído o corpo de prova 01, na laranja o cp02, azul o cp03, na área preta o cp04e na área amarela o cp 05 e 06.

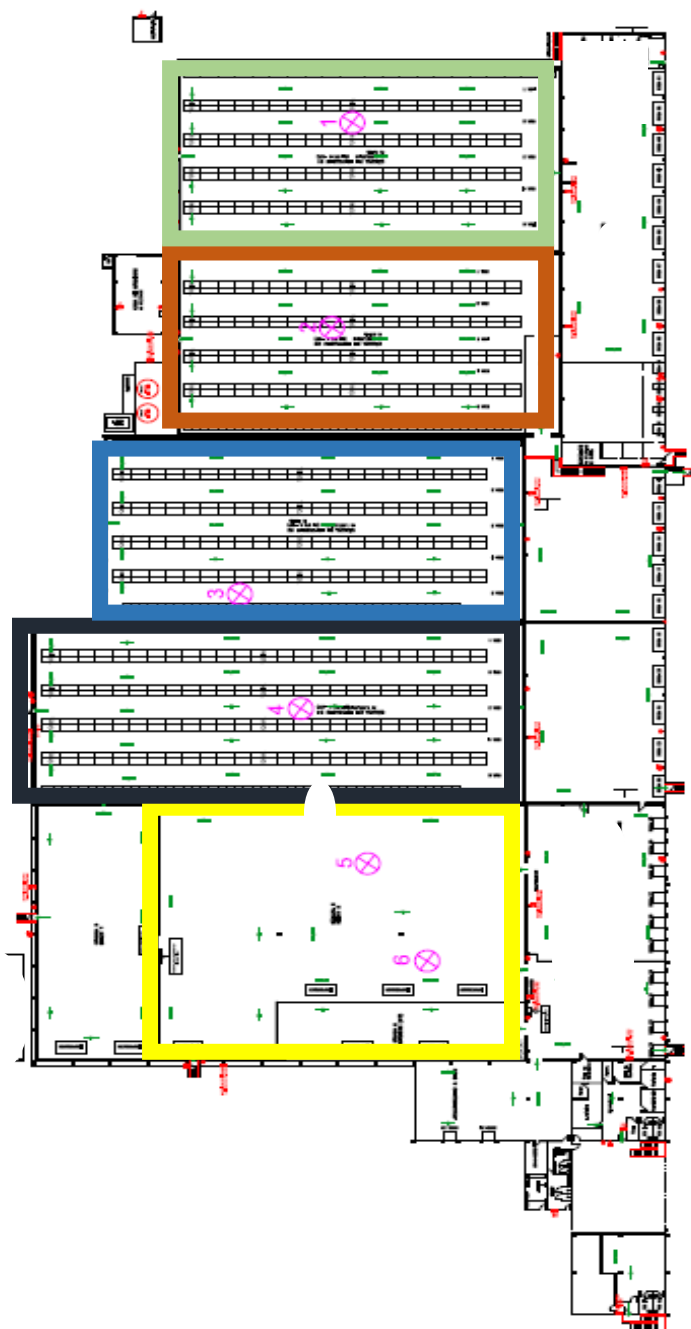


Figura 05: Pontos de extração dos corpos de prova

3.2. CARACTERISTICAS DO PISO AVALIADO

O piso das câmaras de 1 a 4 são constituídos de concreto armado e o piso da câmara 5 é constituído em concreto com fibras. Em todas as câmaras o piso é equipado com isolamento em isopor e sistema de tubulação com ventilação forçada anti-congelante do solo. As divisões internas do galpão (câmaras de 1 a 5) eram formadas em painéis frigoríficos (isopainéis). O fechamento externo utilizava o mesmo sistema. A cobertura da área era em estrutura metálica.

Cada câmara possuía prateleiras porta pallets metálicas de 12 metros de altura subdivididas em 5 níveis para o acondicionamento de pallets de madeira totalizando uma área total de 15.000m² sendo que 13.000m² são de projeção de piso. A idade da edificação era de sete anos.

Abaixo segue a localização por satélite das câmaras frigoríficas antes do sinistro.



Figura 06: Vista aérea (satélite) da área original antes do sinistro. Fonte: Google Maps

3.3. INFORMAÇÕES SOBRE O SITE

Trata-se de um centro de distribuição de alimentos com capacidade de armazenamento nas categorias resfriamento e congelamento de alimentos industrializados. O site logístico está localizado em uma região relativamente plana em uma cidade localizada no sul do Brasil. O site é constituído por áreas de circulação e manutenção de carretas, galpões de câmaras frias com estocagem a seco e área refrigerada. Conta também com área administrativa e o piso do patio externo é constituído por elementos em concreto intertravados.

O site é basicamente constituído por dois galpões subdivididos em 7 câmaras e está em operação desde o ano de 2010 com a ativação das câmaras de 1 a 5. As câmaras 6 e 7 entraram em atividade posteriormente, nos anos de 2014 e 2017, respectivamente.

No galpão sinistrado estão localizadas as câmaras de 1 a 5 (região de incêndio) com estocagem refrigerada e a seco. As câmaras 1 e 2 estão em nível mais elevado que as demais.

De acordo com informações, não foi elaborado projeto específico para a realização do piso, porém sabe-se que o concreto utilizado foi de Fck 30 MPa e que foi executado conforme características a seguir:

Câmaras 1 e 2:

- Localização em área de corte e aterro com solo regularizado e compactado;
- Camada de brita 1 drenante com espessura de 12 cm. Nesta camada foi inserida tubulação em PVC de diâmetro 100 mm. Sobre esta camada foi aplicada lona preta;
- Camada de concreto com espessura de 15 cm armado com tela metálica;
- Nova camada de lona preta sobre a qual foi instalada camada de 20 cm de placas de isopor para o isolamento térmico sobre o qual foi instalada a lona;
- Camada de concreto armado com tela metálica, posicionada

aleatoriamente. A espessura da camada foi de 15 cm. Não existem informações a respeito das características do concreto ou da tela metálica;

- O acabamento superficial do piso foi obtido mediante polimento. A modulação das placas foi efetuada mediante corte posterior das juntas.

Câmaras 3, 4 e 5:

- Localização em área de corte e aterro sobre solo regularizado e compactado;
- Camada de brita graduada compactada;
- Camada de brita 1 drenante com espessura de 12 cm. Nesta camada foi inserida tubulação em Kanaflex e foi coberta com lona preta;
- Camada de concreto com espessura de 15 cm armado com tela metálica;
- Nova camada de lona preta sobre o qual foi instalada camada de 20 cm de placas de isopor sobre o qual foi instalada lona;
- Camada de concreto armada com tela metálica duplamente armada nos terços superior e inferior da seção do piso. A espessura da camada foi de 15 cm. Não existem informações a respeito das características do concreto ou das telas metálicas;
- O acabamento superficial do piso foi obtido mediante polimento. A modulação das placas foi efetuada mediante corte posterior das juntas;
- Apenas na câmara 5 foi utilizado concreto com fibras no piso.

3.3.1. Informações a respeito do sinistro

As informações fornecidas foram obtidas através de trabalhadores que estavam no local no momento do sinistro.

O incêndio ocorreu em 14/07/2017 por volta das 14h. As chamas tiveram início na câmara 5 que era a área de secos e estocava carne. O alastramento das chamas foi rápido, de forma que por volta das 17h30min o fogo já alcançava a câmara 1.



Foto 02: Restos de material inerte após sinistro

As chamas envolveram todas as câmaras e atingiram altura igual ao pé direito do galpão de 12 m.

Os bombeiros chegaram ao local trinta minutos após o início do incêndio.

Após 12h do início do incêndio os bombeiros tiveram auxílio de equipamentos para remover os pilares da estrutura visando liberar o acesso dos bombeiros do interior do galpão. A extinção do incêndio só foi conseguida após cerca de cinco dias. As chamas foram combatidas mediante a utilização de água.



Foto 03: Escombros após o sinistro

Quando da ocorrência do incêndio todas as câmaras estavam em utilização, armazenando quantidades significativas de produtos alimentares. A ação dos bombeiros, com o emprego de água em volumes bastante elevados, solubilizou o resto dos alimentos pelas chamas resultando em uma solução de tonalidades e composições variadas. O grande volume de líquido escoou através do piso, penetrando pelas juntas, pelas laterais e topos atingindo não só a base do piso como as áreas no entorno. Foram feitas canaletas e reservatórios mediante escavação tendo como objetivo o escoamento e contenção de tais líquidos.



Foto 04: Vista do piso após o incêndio e operação de rescaldo

3.3.2. Constatações de campo

Realizada por meio visual e tátil, tendo por objetivo a detecção, caracterização e registro de anomalias, manifestações patológicas, bem como demais dados relevantes.

Foi levantado a porcentagem de danos causados em cada piso das respectivas câmaras frigoríficas e no muro entre as câmaras 2 e 3, sendo:

Câmara 1 – 60%

Câmara 2 – 70%

Câmara 3 – 80%

Câmara 4 – 80%

Câmara 5 – 85%

Muro – 100%

Abaixo segue a figura esquemática das câmaras e quadro de constatações de vistoria:



Figura 07: Alocação das câmaras frigoríficas.

Local	Elemento	Constatação
Câmaras de 1 à 5	Piso	Desgaste superficial do concreto; Fratura nos cantos; Fissuras aleatórias de retração; Juntas de modulação com esborcinamento, porém alinhadas; Ruptura severa nos bordos; Vazios sob o piso; Presença de água contaminada sob o piso; Afundamento do piso em diversas áreas; Degradação da camada isolante de isopor; Degradação da tubulação de aeração do solo; Resíduos na região da canaleta; Rupturas junto à canaleta; Degradação generalizada; De forma geral não foram observadas alterações de coloração na superfície do concreto do piso.
Câmara 3	Piso Complementar	Desalinhamento de juntas de modulação; Inclinação vertical em direção ao muro; Vazios sob o piso; Ruptura dos bordos.

Quadro 02: Constatações de vistoria visual técnica de campo.

3.4. VISTORIA

A seguir serão apresentadas as fotos de principal relevância para constatação das manifestações patológicas apresentadas após o sinistro do incêndio.

3.4.1. Piso das câmaras

Após o incêndio e depois de terem removido os escombros, foi realizada vistoria técnica visual para apuração do estado do piso e se porventura pudesse ser recuperado para reutilização para o funcionamento de novas câmaras frias que seriam novamente construídas no mesmo local.

Abaixo, podemos notar o piso da câmara um com 60% de acometimento apresentando as manifestações patológicas características do concreto.



Foto 05: Observa-se o desgaste superficial do piso de concreto

Na foto seguinte observamos a abrasão superficial com a perda da pasta cimentícia.



Foto 06: Observa-se a abrasão de superfície com exposição de agregados

A próxima foto mostra fissuras generalizadas pelo piso em decorrência do sinistro.



Foto 07: Fissuração térmica no piso de concreto após sinistro.

Na foto abaixo, entre as câmaras 3 e 4 observa-se à área onde se localizava a parede divisória de isopainel, vedação característica deste tipo de construção para manter o ambiente em baixas temperaturas. Entre os pisos das câmaras três e quatro foi acometido em 80% de danos causados por consequência do incêndio.



Foto 08: Nesta foto nota-se a ruptura das bordas e o afundamento do piso entre as câmaras.

Nesta foto nota-se o espaço vazio sob o piso, onde teve acúmulo de chorum.



Foto 09: Detalhe dos vãos sob o piso onde ocorreram às infiltrações e acúmulo de chorume no solo.

Na próxima foto se observa o muro entre as câmaras 2 e 3. Notam-se armaduras expostas devido ao destacamento do cobrimento de concreto, desalinhamento e marcas de fuligem provenientes do fogo.



Foto 10: Avarias no concreto causadas pelo fogo.

Detalhe do sistema de isolamento de isopor degradado na canaleta do piso na foto abaixo. Neste sistema, não existe como proceder com o reparo pontual. Esta situação é geral.



Foto 11: Detalhe do sistema de isolamento de isopor degradado.

Na foto seguinte observa-se o sistema de ventilação forçada degradado do piso na foto abaixo. Neste sistema, assim como o de isolamento na foto acima, não existe como proceder com o reparo pontual. Esta característica apresentada na foto abaixo é generalizada.



Foto 12: Nesta foto notam-se as avarias no sistema de ventilação forçada do piso, estando completamente comprometida.

Na foto abaixo podemos ver com detalhes a degradação do piso na câmara 5 com 85% de avarias.



Foto 13: Isolamento térmico danificado

Vista dos danos causados pela consequência do incêndio nas fotos abaixo.
Piso da câmara 2 com 70% de acometimento.



Foto 14: Vista da avaria causada após o incêndio. Nota-se o piso completamente quebrado.



Foto 15: Afundamento do piso ocasionando o colapso do concreto devido à circulação de máquinas que removeram os escombros após o incêndio na câmara 2.

3.4.2. Ensaios de resistência à compressão e de resistência à tração

Os ensaios foram realizados em seis corpos de prova cilíndricos extraídos do piso.

Foi contratada empresa especializada em ensaios e análises laboratoriais para que se extraíssem corpos de prova do piso no local do incêndio para que a avaliação e diagnóstico do estudo do piso em questão fosse de maior precisão.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório e ensaiadas conforme procedimento da Norma Técnica NBR7680-1 de 01/2015 - Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Parte 1: Resistência à compressão axial, ABNT NBR 5739 de 2007 Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos e NBR 7222 de 2011 Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.



Fotos 16A: Extração dos corpos de prova.



Fotos 16B: Corpo de prova extraído.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a análise das manifestações patológicas constatadas no local, consideram-se como de fundamental importância na sua formação os fatores abaixo descritos, sobre os quais serão feitas as devidas considerações juntamente com os resultados das extrações dos corpos de prova do piso de concreto das câmaras frias.

Nas tabelas 01 e 02 são apresentados os resultados da análise laboratorial dos corpos de prova extraídos no local onde ocorreu o sinistro. Podemos observar através dos resultados de resistência a compressão axial e resistência à tração por compressão diametral que o concreto se apresenta íntegro.

Testemunho	Data do ensaio	Altura (mm)	Ø (mm)	Resistência à compressão (Mpa)	
				Individual	Corrigido
CP 2	18/08/2017	145,5	73,9	28,7	30,1
CP 3	18/08/2017	119,6	73,9	33,3	34,0
CP 5	18/08/2017	150,0	73,9	31,6	33,1

Tabela 01: Ensaios de avaliação da resistência à compressão axial do concreto.

Testemunho	Data do ensaio	Altura (mm)	Ø (mm)	Carga (N)	Resistência à tração por compressão individual (Mpa)
CP 1	18/08/2017	126,8	102,2	76.982	3,78
CP 4	18/08/2017	150,0	74,0	81.101	4,65
CP 6	18/08/2017	150,0	74,0	77.669	4,45

Tabela 02: Ensaios de avaliação da resistência à tração por compressão diametral.

Avaliando-se os corpos de prova extraídos do piso, verifica-se que, com exceção de alguns pontos isolados com pequenas falhas executivas, o concreto apresenta-se íntegro, coeso, resistente, sem alteração de cor ou fissuração.

Com relação aos resultados obtidos nos ensaios realizados, compressão axial entre 30,1 e 34,0 MPa e tração por compressão diametral entre 3,78 e 4,65 MPa, verifica-se que o concreto do piso mantém suas características físicas e mecânicas originais, considerando-se que o concreto aplicado tinha resistência característica de F_{ck} 30,0 MPa.

De modo geral, podemos afirmar que os danos constatados ao longo da superfície do concreto do piso, foram causados principalmente pela ação dos impactos sofridos pela queda da cobertura, fechamentos laterais e prateleiras do galpão, bem como pela remoção dos pilares provocando as fissuras, rupturas e afundamentos verificados. A ação direta do fogo não foi significativa nesta superfície, uma vez que as chamas se propagam para cima, sobretudo se levarmos em conta que a maior parte do material combustível se encontrava em prateleiras em nível mais elevado.

Tal fato torna-se evidente diante da relativa inexistência de indícios da ação de altas temperaturas na superfície do concreto do piso tais como, alteração de cor e juntas de movimentação alinhadas.

Na figura abaixo podemos visualizar o percentual de danos avaliados durante a vistoria no piso das câmaras frigoríficas. Neste gráfico, podemos observar que os maiores danos observados foram os mais próximos da câmara 5, local de origem do incêndio.

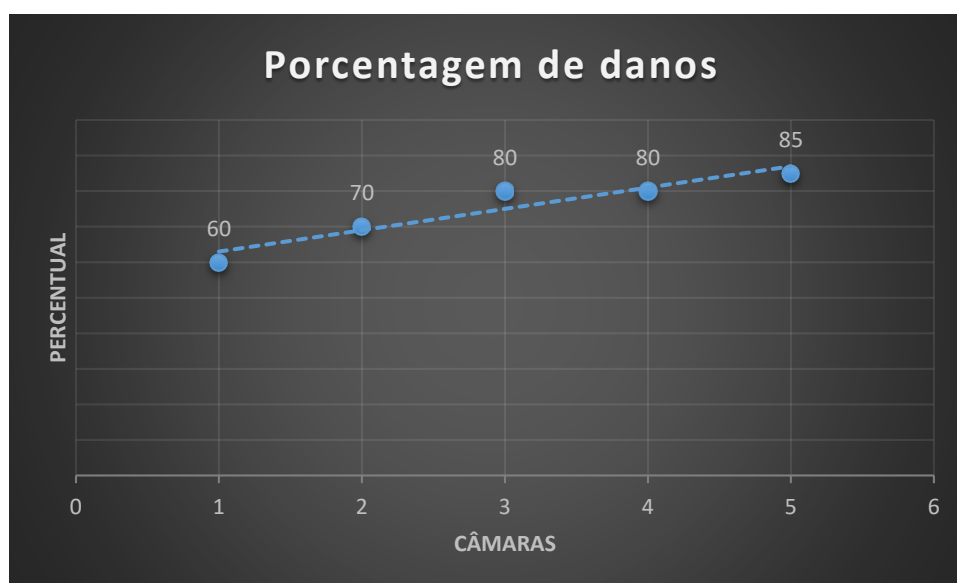


Figura 08: Porcentagem de danos identificados no piso das câmaras frigoríficas.

Já nas faces laterais do piso, observa-se que a degradação também foi causada pelos mesmos fatores atuantes na superfície do piso, porém, provocando danos elevados. Além de rupturas de grande porte no concreto em praticamente todo o perímetro da câmara, verifica-se que o sistema de isolamento do piso (camada de isopor e dutos de ventilação) ficou arruinado.

Atuando de forma a agravar significativamente o quadro de degradação do piso, temos as infiltrações de líquidos contaminados (chorume) decorrente do grande volume de água utilizada para combate as chamas misturados aos resíduos dos alimentos ali armazenados e em combustão, que penetraram através da superfície e pelas laterais do piso solapando o solo sobre o qual o sistema mantinha-se apoiado. Desta forma houve a formação de vazios ocorrendo ao mesmo tempo a contaminação do solo. Tal fato tornou-se claro diante dos afundamentos e pela existência de vazios e líquido nos locais visualizados sob o piso, em canaletas e laterais do sistema.

Vale salientar que com o grande volume e acúmulo de chorume durante o incêndio, foi improvisada uma canaleta na lateral do piso, de forma a escoar o líquido para um reservatório de despejo escavado ao fundo. Também houve, além do sistema de isolamento térmico e do concreto do piso, a contaminação do solo nestas áreas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o piso de concreto, mesmo que não apresente indícios da ação direta das chamas, conforme se presumiu na hipótese deste estudo e confirmada por meio dos ensaios e vistorias, apresentou um quadro de degradação da sua estrutura de concreto decorrente do incêndio, conforme já descrito, bastante grave, podendo ser traduzido em rupturas de grande porte, afundamentos, solapamentos da base e solo, degradação do sistema de isolamento térmico entre outros. A restauração do sistema encontrará dificuldades bastante elevadas para ser restaurado conforme original, respondendo o problema de pesquisa no qual este estudo visou esclarecer.

Outro fator que foi levado em consideração foi a infiltração de chorume sob o piso. Esta infiltração, além dos solapamentos evidenciados durante a inspeção por decorrência do incêndio, pode ter gerado a contaminação do solo, podendo, ainda, contaminar o lençol freático da área.

Com isso, os danos constatados no piso das câmaras de 1 à 5 são classificados como danos de 4º ordem. Os danos de 4º ordem exigem a substituição total da peça, pois não têm mais condições de uso. Devem ser demolidos ou reforçados.

Sendo assim, recomenda-se que o piso seja totalmente demolido. O seu refazimento deverá tomar como base um projeto específico previamente elaborado por consultor/projetista especializado na área de pisos industriais, visando o seu correto dimensionamento em função das necessidades de utilização futura.

Recomenda-se ainda que, antes do início da reconstrução do piso, seja realizada campanha de amostragens do solo na área visando avaliar a real contaminação decorrente do incêndio. Estes estudos devem ser elaborados por profissional ambiental.

Considerando que foi atingido o objetivo deste trabalho e que a hipótese foi corroborada, pode-se considerar que:

- a) Conforme tabela 1 e 2 do cap. 4, os ensaios de compressão axial e tração por compressão diametral, o concreto se apresenta íntegro, coeso e sem alteração de cor ou fissuração;
- b) Os valores dos ensaios ficaram entre 30 MPa e 34 MPa na compressão axial e 3,78 MPa e 4,65 MPa no de tração por compressão diametral. Ou seja, o concreto apresentou características físicas e mecânicas originais;
- c) Conforme as fotos registradas durante a vistoria técnica visual no capítulo 3.4.1 constatou-se que os danos na estrutura do piso de concreto foram causados principalmente pela ação dos impactos sofridos pela queda de cobertura, fechamentos laterais, estanterias das câmaras frigoríficas, bem como o maquinário pesado para a remoção dos escombros como a remoção de pilares provocando fissuras, rupturas e afundamentos que impossibilitaram sua recuperação, inclusive comprometendo totalmente o sistema de ventilação forçada;
- d) Chega-se ao diagnóstico que a ação direta do fogo no concreto não foi significativa, tendo em vista que as chamas se propagam para cima e pelo fato de que faltam indícios da ação de altas temperaturas na superfície do piso de concreto como alteração de cor e desalinhamento de juntas, assim como os ensaios apontam um concreto íntegro, porém a estrutura do piso de concreto foi danificada em decorrência do incêndio, inviabilizando sua recuperação.

5.2. RECOMENDA-SE PARA TRABALHOS FUTUROS

- O estudo de outros pisos que foram sinistrados e verificar se existe concordância de resultados;

- Estudar outros elementos de uma estrutura e utilizar outros métodos de classificação de danos como o método GUT (gravidade, urgência, tendência) ou a classificação utilizada na norma de desempenho ABNT NBR 15575 de 2013.

6. REFERÊNCIAS

ABNT NBR7680-1. Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Parte 1: Resistência à compressão axial, 2015.

ABNT NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto. Procedimento, 2014.

ABNT NBR 15200. Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio. Procedimento, 2012.

ABNT NBR 7222. Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, 2011.

ABNT NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, 2007.

ABNT NBR 14050. Sistemas de revestimentos de alto desempenho, à base de resinas epoxídicas e agregados minerais - Projeto, execução e avaliação do desempenho – Procedimento, 1998.

ANDERBERG, Y. Spalling phenomena of HPC and OC. IN: Phan, L.T, et al. International workshop on fire performance of high strength concrete, NIST, Gaithersburg, MD, feb 13-14, 1997.

ANDRADE, J.J.O. et al. Avaliação das características do concreto quando submetido à degradação de origem química. In: Congresso Brasileiro do Concreto– REIBRAC, 45, 2003, Vitória - ES. Anais. São Paulo: IBRACON, 2003.

ANAPRE. Procedimentos executivos de um piso ou pavimento de concreto. Boletim técnico, 2009.

COSTA, C. N.; SILVA, V. P. Estruturas de concreto em situação de incêndio. In: JORNADAS SULAMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 30, 2002, Brasília. Anais... Brasília: PECC-UnB/ ASAE, 2002.

CRISTELLI, R. Pavimentos Industriais de Concreto. Análise do Sistema construtivo. Monografia, Escola de Engenharia UFMG, 2010.

FERREIRA, Rui Miguel. Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

GOUVÊIA, A.M.C. Engenharia de incêndio. Ouro Preto: UFOP/EM/MCM,

LARIN – Laboratório de análise de risco em incêndio, 2000. (notas de aula).

HELENE, P.L.R. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. Tese de livre docência à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

JOHNSTON, W. et al. Freezing and refrigerated storage in fisheries. Fisheries technical. Paper nº 340. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), Roma, 1994.

LIMA, R. C. A.; KIRCHHOF L. D.; CASONATO, C. A.; SILVA FILHO, L. C. P. Efeito de altas temperaturas no concreto. In: SEMINÁRIO DE PATOLOGIAS DAS EDIFICAÇÕES, 2, 2004, Porto Alegre, UFRGS, 2004.

MEHTA, P.K. MONTEIRO, P.M. Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini, 1994.

MORELES, G; CAMPOS, A; FAGNELLO, A.M.P. Ação do fogo sobre os componentes de concreto. Semina: Ciências exatas e tecnológicas, Londrina, v.32 nº1, p.47 – 55, jan/mar 2011.

NEVILLE, A.M. Propriedades do concreto. Trad. De Salvador E. Giammusso. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1997.

NÓBREGA, A.C.V. Estudo de Durabilidade Frente ao Ataque Ácido de Compósitos Portland - polímero para cimentação de poços de petróleo /. - Natal [RN], 2008. 184f.

PACHECO, R.H.T. Pavimentos térreos industriais: Tipificações de soluções construtivas e acabamentos. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções. Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Portugal, 2015.

PETRUCCI, E.G.R. A. ação do fogo sobre as estruturas de concreto armado e protendido. In: Colóquio sobre durabilidade do concreto, São Paulo: IBRACON, 1972. P.201-229.

ZAPATA N. J. G. 2007. ACONITIC ACID FROM SUGARCANE: PRODUCTION AND INDUSTRIAL APPLICATION. Thesis of the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

