



**PROJETO DE PESQUISA – PAVIMENTO INDUSTRIAL DE
CONCRETO**

BELO HORIZONTE
2014



ANDRÉ GAZZINELLI FONSECA
ELTON MOSCHIONI

**PROJETO DE PESQUISA – PAVIMENTO INDUSTRIAL DE
CONCRETO**

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. Rodrigo Moysés Costa.

BELO HORIZONTE
2014

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil prof. Rodrigo Moysés pela valiosa colaboração na elaboração deste trabalho, e ao corpo docente do curso de Patologia nas Obras Cíveis que enriqueceram nossos conhecimentos nesta “nova” área de atuação.

Aos colegas do curso pela amizade, pela troca de “*know-how*” e aos nossos familiares que nos incentivaram e apoiaram para o cumprimento de mais esta etapa de aprendizado em nossas vidas.

FOLHA DE APROVAÇÃO

PROJETO DE PESQUISA – PAVIMENTO INDUSTRIAL DE CONCRETO

Por

ANDRÉ GAZZINELLI FONSECA

ELTON MOSCHIONI

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Belo Horizonte (MG) ____ de ____ de ____.

Prof. Rodrigo Moysés Costa

Prof. Ubirajara Alvim Camargo

Prof. Otávio Borba Vieira

RESUMO

O trabalho apresenta o sistema construtivo empregado em um pavimento industrial de concreto aplicado na cidade de Montes Claros, contratado por uma empresa concessionária de máquinas e veículos pesados. O presente trabalho avalia a compatibilidade entre a execução do pavimento industrial de concreto e seu projeto estrutural. O pavimento apresentou diversas manifestações patológicas pós-aplicação do concreto. Será avaliada a condição final do pavimento através da inspeção visual (levantamento, identificação, fotos, mapeamento e croquis das manifestações patológicas apresentadas) e do controle dos materiais empregados. Além da inspeção visual, será feita uma consulta nas normas brasileiras vigentes e na literatura técnica sobre o assunto, confrontando o projeto e o aparecimento precoce das manifestações patológicas do pavimento. Serão apresentados também dados sobre a influência do clima (precipitação pluviométrica, umidade e temperatura) nas datas de concretagem e cura do pavimento. Os dados estudados serão compilados e analisados para conclusão do trabalho.

Palavras chave: pavimento industrial, agregados, concreto, projeto, aplicação, manifestações patológicas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Composição dos pavimentos (CRISTELLI, 2010).....	24
Figura 2. Pavimento industrial de concreto simples com barra de transferência (CRISTELLI, 2010).....	25
Figura 3. Pavimento industrial de concreto com armadura distribuída (CRISTELLI, 2010).....	26
Figura 4. Pavimento industrial de concreto estruturalmente armado (CRISTELLI, 2010).....	27
Figura 5. Microfibra de polipropileno (GOOGLE, 2014).....	28
Figura 6. Microfibra de vidro (GOOGLE, 2014).....	28
Figura 7. Macrofibra de polipropileno (GOOGLE, 2014).....	28
Figura 8. Macrofibra de aço (GOOGLE, 2014).....	28
Figura 9. Pavimento industrial de concreto reforçado com fibras (CRISTELLI, 2010).....	29
Figura 10. Pavimento industrial de concreto protendido (CRISTELLI, 2010).....	29
Figura 11. Processo de fabricação do cimento (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	30
Figura 12. Areia natural de rio (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	32
Figura 13. Areia quartzosa fina (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	32
Figura 14. Pó de pedra (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	32
Figura 15. Calcáreo (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	32
Figura 16. Gnaisse (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	32
Figura 17. Basalto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	32
Figura 18. Britador de mandíbula (GOOGLE, 2014).....	33
Figura 19. Britador rotativo (GOOGLE, 2014).....	33
Figura 20. Central dosadora de concreto (SHWINGSTETTER, 2014).....	35

Figura 21. Concretagem por faixas de aplicação (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	36
Figura 22. Procedimento de aplicação (CRISTELLI, 2010).....	36
Figura 23. Concretagem de placas de grande porte (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	37
Figura 24. <i>Laser Screed</i> em operação (GOOGLE, 2014).....	37
Figura 25. Processo de exsudação (ANAPRE, 2013).....	39
Figura 26. Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	40
Figura 27. Fissuras ao longo do pavimento industrial de concreto (GOOGLE, 2014).....	41
Figura 28. Tipos de água presentes no interior do concreto (IBRACON, 2014).....	41
Figura 29. Poros de gel (branco) e gel (preto) (V ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO - UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA).....	43
Figura 30. Delaminação do concreto (CIMENTO ITAMBÉ, 2014).....	44
Figura 31. Manchas superficiais de pavimento industrial de concreto (MUNDO DO CONCRETO, 2014).....	44
Figura 32. Esfarelamento superficial do pavimento industrial de concreto (GRANATO, 2014).....	45
Figura 33. Bolhas no revestimento superficial do pavimento industrial de concreto (MUNDO DO CONCRETO, 2014).....	45
Figura 34. Variações na textura superficial do pavimento industrial de concreto (MUNDO DO CONCRETO, 2014).....	46
Figura 35. Ruptura de pequenas porções do pavimento industrial de concreto (MUNDO DO CONCRETO, 2014).....	46
Figura 36. Efeito de esborcinamento de juntas (GRANATO, 2014).....	47

Figura 37. Deslocamento superficial do concreto por corrosão de armadura (GOOGLE, 2014).....	47
Figura 38. Empenamento diferencial das placas de concreto (GRANATO, 2014).....	48
Figura 39. Recalque e rebaixamento das placas no pavimento industrial de concreto (GRANATO, 2014).....	48
Figura 40. Nota fiscal de serviço (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	49
Figura 41. Nota fiscal de serviço (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	50
Figura 42. Nota fiscal de serviço (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	50
Figura 43. Nota fiscal de serviço (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	51
Figura 44. Nota fiscal de serviço (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	51
Figura 45. Nota fiscal de serviço (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	52
Figura 46. Mapeamento das fissuras ocorridas (ACERVO DO GRUPO, 2014).	53
Figura 47. Galpão antes da aplicação do concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	53
Figura 48. Galpão antes da aplicação do concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	54
Figura 49. Galpão antes da aplicação do concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	54
Figura 50. Ata de vistoria (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	55
Figura 51. Especificação do concreto considerada em projeto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	57
Figura 52. Caminhão bomba em atividade (GOOGLE, 2014).....	58
Figura 53. Fissura transversal à junta serrada (ACERVO DO GRUPO, 2014)...	60
Figura 54. Fissura transversal à junta serrada (ACERVO DO GRUPO, 2014)...	60
Figura 55. Fissura transversal à junta serrada (ACERVO DO GRUPO, 2014)...	61
Figura 56. Fissura acompanhando a junta (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	61
Figura 57. Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	61

Figura 58. Fissura próxima à canaleta (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	61
Figura 59. Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	62
Figura 60. Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	62
Figura 61. Fissura e desnível ao longo do pavimento industrial de concreto (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	62
Figura 62. Fissura acompanhando a junta (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	62
Figura 63. Laudo de rompimento dos CP's extraídos (COLETA DE DADOS, 2014).....	63
Figura 64. Amostra de concreto coletada para reconstituição do traço (LAUDO PERICIAL, 2014).....	64
Figura 65. Amostra de concreto reduzida (LAUDO PERICIAL, 2014).....	64
Figura 66. Amostra de concreto coletada moída em frações mínimas (LAUDO PERICIAL, 2014).....	64
Figura 67. Variação da temperatura em função do tempo (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	71
Figura 68. Projeto do piso industrial de concreto da concessionária de máquinas e veículos pesados na cidade de Montes Claros – MG (ACERVO DO GRUPO, 2014).....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tipos de cimentos e suas adições (Grupo de estudos, 2014)	31
Tabela 2. Tipos de aditivos e suas características (Grupo de estudos, 2014)	34
Tabela 3. Dados meteorológicos da cidade de Montes Claros – Março/2014 (CPTEC, 2014)	56
Tabela 4. Dosagem de traço fornecida pela empresa contratante (Grupo de estudos, 2014).....	58
Tabela 5. Análise dos resultados obtidos versus solicitado (Grupo de estudos, 2014).....	64
Tabela 6. Resultado obtidos (Grupo de estudos, 2014).....	71

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	ii
FOLHA DE APROVAÇÃO	iii
RESUMO	iv
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	v
LISTA DE TABELAS.....	ix
SUMÁRIO.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo Geral	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. HIPÓTESE	3
1.4. JUSTIFICATIVAS	3
1.4.1. Tecnológicas.....	3
1.4.2. Econômicas	4
1.4.3. Sociais	4
1.4.4. Ecológicas	4
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	5
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. PAVIMENTO INDUSTRIAL DE CONCRETO	7
2.1.1. Definições de pavimento de concreto	7
2.1.2. Composição dos pavimentos industriais de concreto.....	8
2.1.3. Tipos de pavimento industrial de concreto	10
2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CONCRETO	15
2.2.1. Materiais componentes do concreto	15
2.2.2. Central dosadora de concreto	19

2.2.3. Metodologias de aplicação do concreto em pavimentos industriais	20
2.2.4. Concreto utilizado	22
2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS PAVIMENTOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO	24
2.3.1. Fissuras e trincas	25
2.3.2. Delaminação	28
2.3.3. Manchas ou descoloração.....	29
2.3.4. Desgaste superficial e formação de pó.....	29
2.3.5. Bolhas	30
2.3.6. Falhas e irregularidades no acabamento	31
2.3.7. “Pop-out”	31
2.3.8. Esborcinamento de juntas.....	32
2.3.9. Desplacamento por corrosão de armadura	32
2.3.10. Empenamento das placas	33
2.3.11. Recalques.....	33
3. METODOLOGIA	34
3.1. AVALIAÇÃO DO MECANISMO DE APLICAÇÃO	34
3.1.1. Coleta de dados	34
3.1.2. Dados do clima.....	40
3.1.3. Visitas <i>in loco</i>	41
3.2. PROCESSO CONSTRUTIVO	42
3.2.1. Tipo de pavimento projetado.....	42
3.2.2. Concreto utilizado	42
4. AVALIAÇÃO DO PROBLEMA.....	46
4.1. OCORRÊNCIAS.....	46
4.2. PROJETO X EXECUÇÃO	48
4.3. AVALIAÇÃO GERAL DO PROBLEMA (DIAGNÓSTICO).....	51
5. CONCLUSÃO	52

5.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	52
5.2. SUGESTÕES PARA RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO INDUSTRIAL DE CONCRETO	53

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de tecnologias na busca da qualidade e da otimização de custos/benefícios, se torna cada vez mais visível em todas as áreas da construção civil. Os pavimentos industriais retratam claramente tal fato. Assunto sempre presente em discussões e estudos com objetivos da extinção do retrabalho, melhorias de qualidade, do aumento da produtividade, do impedimento de geração de possíveis manifestações patológicas, etc.

Dessa forma, nota-se cada vez mais a importância de um projeto íntegro, conciso, baseado nas normas técnicas vigentes, de uma mão-de-obra qualificada e do controle dos materiais e equipamentos utilizados ao longo de todo o processo de construção, do subleito à camada de revestimento.

O trabalho apresenta o sistema construtivo empregado em um pavimento industrial de concreto aplicado na cidade de Montes Claros, contratado por uma empresa concessionária de máquinas e veículos pesados, o qual foi avaliado a compatibilidade entre a execução do pavimento industrial de concreto e o projeto estrutural. Analisou-se a condição final do pavimento após apresentar graves manifestações patológicas.

Além da inspeção visual, foi feita uma apuração nas normas brasileiras vigentes e na literatura técnica sobre o assunto, confrontando o projeto estrutural e o aparecimento precoce das manifestações patológicas no pavimento. Serão apresentados também dados sobre a influência do clima (precipitação pluviométrica, umidade e temperatura) nas datas de concretagem e cura do pavimento. Todos os dados obtidos foram estudados e compilados para conclusão do trabalho.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Considerando as manifestações patológicas apresentadas precocemente pelo pavimento industrial de concreto, é possível afirmar que houve falha em alguma etapa do processo construtivo (projeto ou execução)?

1.2. OBJETIVOS

Neste item apresentam-se os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

1.2.1. Objetivo Geral

Determinar as causas das manifestações patológicas apresentadas no pavimento industrial de concreto e sugerir intervenções para correção das mesmas.

1.2.2. Objetivos Específicos

Realizar inspeção visual do pavimento industrial de concreto aplicado no galpão da empresa concessionária de máquinas e veículos, na cidade de Montes Claros – MG.

Descrever as manifestações patológicas inspecionadas “in loco”.

Verificar se o controle dos materiais, serviços e equipamentos atendem aos pré-requisitos exigidos nas normas técnicas vigentes.

Comparar se as informações apresentadas no projeto estrutural do pavimento industrial de concreto foram atendidas consoantes às normas.

Apontar medidas preventivas, corretivas para recuperação do pavimento industrial de concreto.

1.3. HIPÓTESE

Considerando que o pavimento industrial de concreto foi projetado para suportar uma vida útil mínima de cinco anos, quando concebido dentro das boas práticas e normas técnicas vigentes, supõe-se que ocorreram equívocos durante o processo construtivo do pavimento estudado.

1.4. JUSTIFICATIVAS

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

1.4.1. Tecnológicas

O pavimento industrial de concreto é elemento de extrema participação no aumento da produtividade das empresas, além de facilitar processos de produção.

O pavimento deve ser durável, ter alta resistência à abrasão sem comprometer o conforto e ter projeto geométrico adequado a fim de se evitar acidentes.

Em busca de agregar bagagem prática aos novos estudos e discussões sobre pavimentos industriais de concreto, e dar continuidade da aplicação dos mesmos, o trabalho analisará a condição do pavimento industrial em questão, confrontando o produto contratado, seu projeto estrutural base e as normas técnicas vigentes.

1.4.2. Econômicas

Os ganhos na produtividade obtidos pelas empresas que dispõem de um bom pavimento industrial de concreto são fatores que viabilizam a aplicação dos mesmos. Em contrapartida, os ganhos só se tornam reais quando o pavimento industrial de concreto é perfeitamente idealizado desde a sondagem do terreno e execução dos projetos, à cura final do concreto aplicado. Dessa forma, é possível minimizar a incidência de acidentes, reduzir o consumo de combustíveis e energia nos processos fabris, além de otimizar a produtividade. Caso contrário, a aplicação se torna onerosa e muitas vezes até inviável.

1.4.3. Sociais

Os pavimentos industriais de concreto, quando executados dentro da boa técnica de engenharia, respeitando as normas e manutenções preventivas, causa bem estar nos funcionários, tornando o ambiente de trabalho agradável e seguro, aos olhos dos colaboradores.

1.4.4. Ecológicas

Quando seguidas as boas práticas de aplicação, os pavimentos industriais de concreto exigem manutenção de baixo impacto ecológico.

Pode-se evitar a contaminação do solo e do lençol freático com materiais industriais do tipo combustíveis, graxas e óleos através do adensamento correto do concreto (baixo índice de vazios) e impermeabilização do solo, feito com a utilização de mantas e/ou lonas plásticas. Além de se evitar o desperdício/perda de material, redução do retrabalho e extinção de mais resíduos não reaproveitáveis.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Serão adotados os seguintes procedimentos metodológicos, a fim de esclarecer quais são as causas e consequências das manifestações patológicas apresentadas precocemente no pavimento industrial de concreto na concessionária de máquinas e equipamentos pesados em Montes Claros – MG.

Será realizada uma revisão bibliográfica, a fim de enriquecer conhecimentos sobre o assunto, embasada por normas, teses, monografias e artigos publicados.

Embasadas pela revisão bibliográfica, serão seguidos os seguintes processos:

- Inspeção “*in loco*” das manifestações patológicas;
- Aferição do controle dos materiais, serviços e equipamentos exigidos nas normas técnicas vigentes;
- Comparação das informações consideradas em projeto e o processo de aplicação adotado;
- Sugestão de medidas preventivas, corretivas para recuperação do pavimento industrial de concreto.

Todos os dados levantados serão compilados e avaliados, conforme revisão bibliográfica supracitada.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Neste item será feita uma apresentação resumida acerca do conteúdo de cada capítulo do trabalho:

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

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre as definições de pavimento de concreto, as composições, os tipos dos pavimentos e suas classificações. Descreve o processo de fabricação do concreto, as metodologias de aplicação do concreto para pavimentos industriais e as causas das possíveis manifestações patológicas.

O **Capítulo 3** trata sobre o estudo de campo empregado neste trabalho, apresentando a descrição do pavimento industrial de concreto e a vistoria, resumindo os principais defeitos.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo, descrevendo os principais defeitos encontrados no pavimento industrial de concreto e o diagnóstico do problema.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para correção do problema ocorrido.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresentará as definições de pavimento industrial de concreto e seus tipos, a estrutura geral do tipo de pavimento aplicado, o processo de produção do concreto, os materiais componentes do concreto utilizado e as manifestações patológicas recorrentes em pavimentos industriais de concreto e suas causas.

2.1. PAVIMENTO INDUSTRIAL DE CONCRETO

2.1.1. Definições de pavimento de concreto

O pavimento de uma forma geral pode ser definido como a estrutura construída sobre um terreno de fundação (subleito) de forma que as camadas que a compõe sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos (ação das cargas das rodas) sem que o conjunto sofra rupturas, deformações ou desgaste superficiais, assim como resistir às ações do tempo (SILVA, 2005).

Define-se como pavimento industrial, o elemento estrutural com finalidade de resistir e distribuir esforços verticais provenientes dos carregamentos ao subleito (CRISTELLI apud ANAPRE, 2009).

Sobre eles se realizam todos os processos de produção, quais exercem variados tipos de esforços e carregamentos. Segundo Chodounsky e Viecilli (2007, p.9), o piso industrial é um dos componentes mais importantes de uma instalação industrial, em qualquer área de produção ou logística. Porém, devido as suas características e condições de produção é frequentemente mais vulnerável a manifestações patológicas do que outros elementos estruturais.

Ao longo dos anos, as metodologias de dimensionamento foram influenciadas pelos critérios da PCA (Portland Cement Association) e tendências de dimensionamento vindas da Europa (RODRIGUES et al., 2006).

Para a NBR-7207/82 da ABNT, o pavimento é definido como uma estrutura construída após terraplanagem e destinada a:

- a) Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b) Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- c) Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Ultimamente, o mercado brasileiro continua adotando práticas baseadas na escola europeia, considerando que as tecnologias dos materiais e evolução da logística das obras vêm se desenvolvendo rapidamente. Além de que as práticas europeias apresentam fatores econômicos e sustentáveis interessantes, por obtenção de resultados satisfatórios, mesmo com a utilização de menor quantidade de matérias-primas (CRISTELLI, 2010).

2.1.2. Composição dos pavimentos industriais de concreto

Os pavimentos industriais são compostos geralmente por cinco camadas superpostas, com diferentes funções especiais. Para o perfeito funcionamento da metodologia construtiva, todas as camadas devem ser devidamente dimensionadas e controladas por profissionais especialistas.

A Figura 1 apresenta a disposição destas camadas.

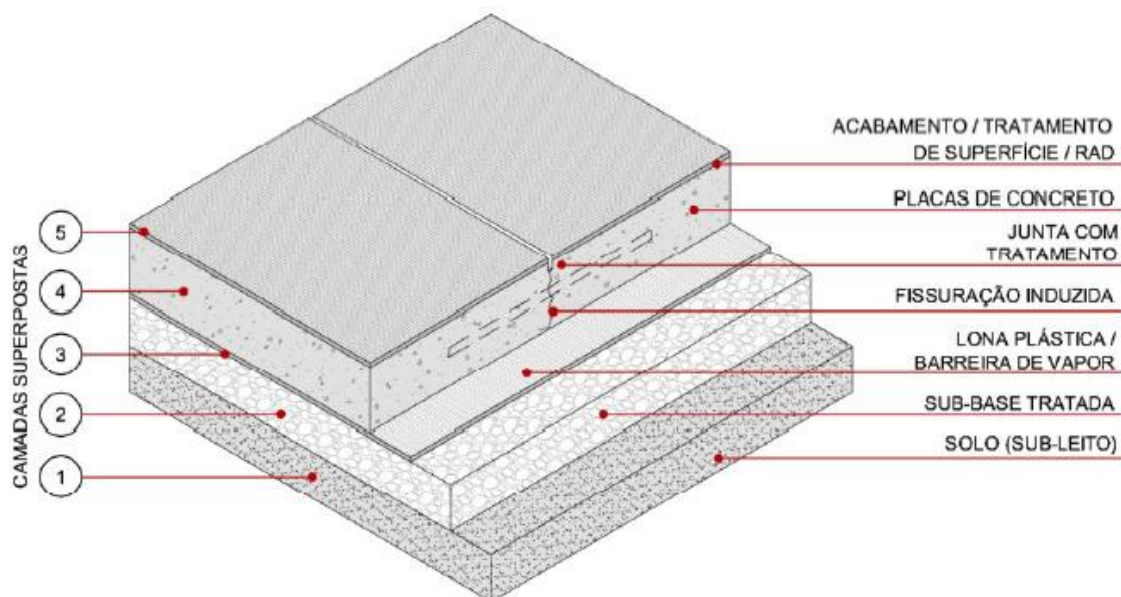


Figura 1 – Composição dos pavimentos
 Fonte: *Strictu Sensu* - CRISTELLI, 2010

Além de exercerem funções especiais e distintas, as camadas devem interagir de forma correta entre si. Suas funções são (CRISTELLI, 2010):

- a) Base ou Subleito: terreno preparado que irá absorver as solicitações impostas no pavimento.
- b) Sub-base: camada granular responsável pela distribuição das cargas ao subleito. Aumentam o suporte da fundação.
- c) Lona plástica: barreira impermeabilizante que impede a influencia da umidade ascendente nas placas de concreto. Garante que a placa de concreto e a sub-base não se solidarizem, permitindo movimentação independente entre elas.
- d) Placas de concreto: absorvem e distribuem os carregamentos aplicados diretamente no piso. Ancoram os revestimentos/acabamentos.
- e) Acabamento: aumentam a resistência à abrasão das placas de concreto e garantem conforto no deslocamento de equipamentos com rolamentos menores.

2.1.3. Tipos de pavimento industrial de concreto

Das classificações para pavimentos industriais de concreto, seguem as mais importantes, diante do contexto atual de aplicação (RODRIGUES *et al.*, 2006):

- a) Pavimento industrial de concreto simples;
- b) Pavimento industrial de concreto com armadura distribuída;
- c) Pavimento industrial de concreto estruturalmente armado;
- d) Pavimento industrial de concreto reforçado com fibras;
- e) Pavimento industrial de concreto protendido.

2.1.3.1. Pavimento industrial de concreto simples

É o sistema de pavimentação no qual os esforços de tração e compressão atuantes são resistidos apenas pelo concreto, sem presença de armaduras. Resultam em pavimentos de espessura elevada como correção da deficiência do concreto em relação à sua baixa resistividade para esforços de tração (PITTA, 1989).

A Figura 2 ilustra a disposição de um pavimento industrial de concreto simples.

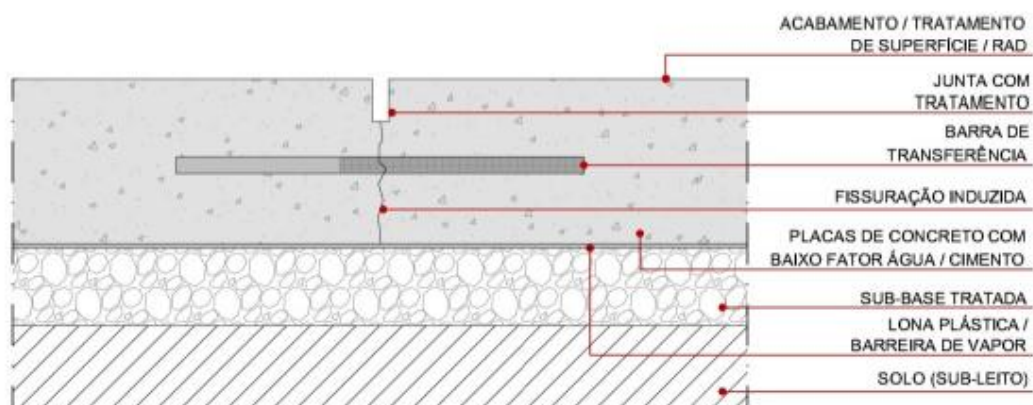


Figura 2 – Pavimento industrial de concreto simples com barra de transferência

Fonte: *Strictu Sensu* - CRISTELLI, 2010

2.1.3.2. Pavimento industrial de concreto com armadura distribuída

Trata-se de pavimento no qual é empregado, no terço superior da espessura da placa de concreto, uma armadura de aço eletrossoldada, responsável por combater os esforços de retração. A Figura 3 apresenta a disposição dos componentes deste tipo de pavimento.

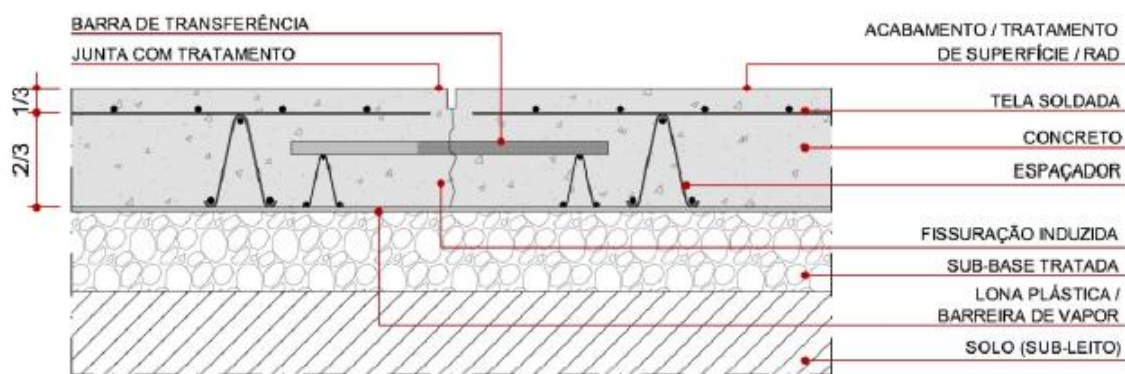


Figura 3 – Pavimento industrial de concreto com armadura distribuída
Fonte: *Strictu Sensu* - CRISTELLI, 2010

2.1.3.3. Pavimento industrial de concreto estruturalmente armado

Para este tipo de pavimento, há utilização da tela de aço superior (que restringe esforços de retração ao concreto) e também de uma armadura positiva na parte inferior da placa de concreto. Esta garante resistência aos esforços de tração consequentes de grandes carregamentos. Dessa forma, a placa de concreto será responsável por resistir apenas aos esforços de compressão aplicados, sendo então possível o dimensionamento de uma placa mais esbelta.

A Figura 4 ilustra a disposição deste tipo de pavimento.

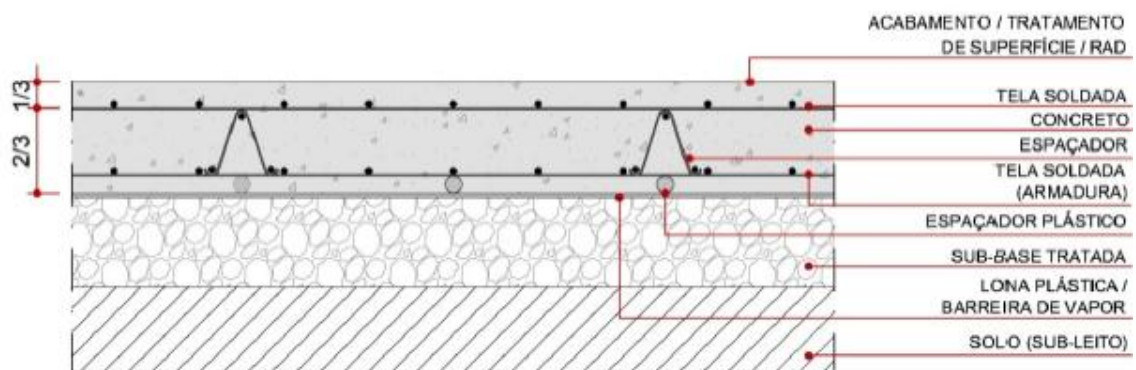


Figura 4 – Pavimento industrial de concreto estruturalmente armado
 Fonte: *Strictu Sensu* - CRISTELLI, 2010

2.1.3.4. Pavimento industrial de concreto reforçado com fibras

Quando adicionadas ao concreto, as fibras estruturais possibilitam a substituição da armadura distribuída convencional, e devido ao seu alto módulo de deformação, resiste aos esforços de tração, reduzindo os índices de fissuração dos pavimentos, gerando material com alto índice de ductibilidade e boa capacidade de redistribuição de esforços. O número de juntas é reduzido devido às tensões geradas no interior das placas (CHODOUNSKY, 2007).

As fibras estão presentes no mercado como microfibras e macrofibras. É importante esclarecer as diferenças de ambas:

a) Microfibra: Disponíveis nas matérias-primas polipropileno e vidro, são extremamente eficientes no controle da retração, pois aumentam a resistência à tração do concreto em estado plástico e facilitam o controle de movimentação interna da água (reduzindo principalmente a exsudação).

As Figuras 5 e 6 ilustram os tipos de microfibras.



Figura 5 – Microfibras de polipropileno
Fonte: www.google.com/images



Figura 6 – Microfibras de vidro
Fonte: www.google.com/images

b) Macrofibras: Disponíveis em polipropileno e aço, as macrofibras também auxiliam no controle da retração, além de serem importantes também para o concreto em estado endurecido, por aumentar a resistência do mesmo à desgastes superficiais, ao impacto e reduzir o efeito *spalling* (lascamento após pressões internas, geradas por gases em incêndios).

No caso das macrofibras de aço, dependendo da quantidade considerada em projeto, a fibra assume função estrutural, possibilitando a substituição das armações do pavimento industrial de concreto.

As Figuras 7 e 8 ilustram os tipos de macrofibras e a Figura 9, o pavimento de concreto reforçado com fibras.



Figura 7 – Macrofibras de polipropileno
Fonte: www.google.com/images



Figura 8 – Macrofibras de aço
Fonte: www.google.com/images

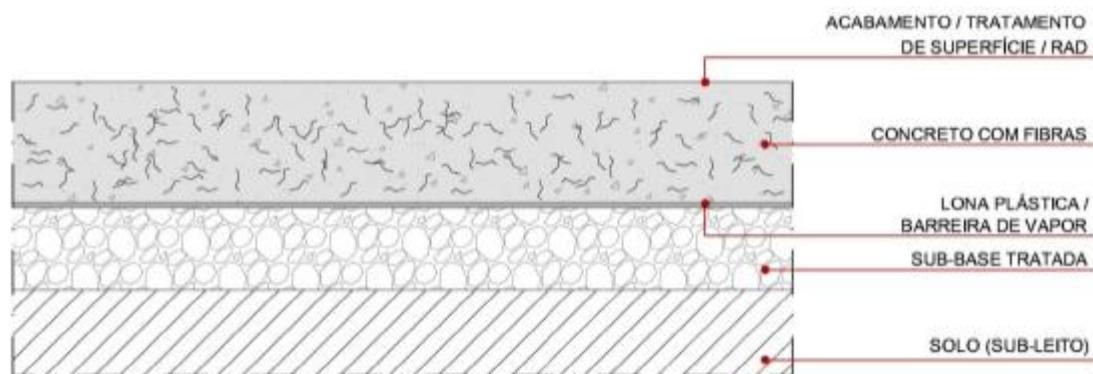


Figura 9 – Pavimento industrial de concreto reforçado com fibras
Fonte: *Strictu Sensu* - CRISTELLI, 2010

2.1.3.5. Pavimento industrial de concreto protendido

A técnica da protensão também pode ser utilizada para pisos industriais, sendo utilizadas cordoalhas engraxadas e plastificadas instaladas nas duas direções. A espessura do piso pode ser bastante reduzida, atingindo tamanhos de até 90 mm. Há recomendações de se dimensionar um piso protendido para que este obtenha 65% da espessura de um piso em concreto convencional. Outro detalhe importante é que, para este tipo de piso, as juntas construtivas podem ser ainda mais distantes, atingindo até 150 m (GUIMARÃES apud CHODOUNSKY & VIECILLI, 2007).

A Figura 10 apresenta a disposição de um pavimento industrial em concreto protendido.

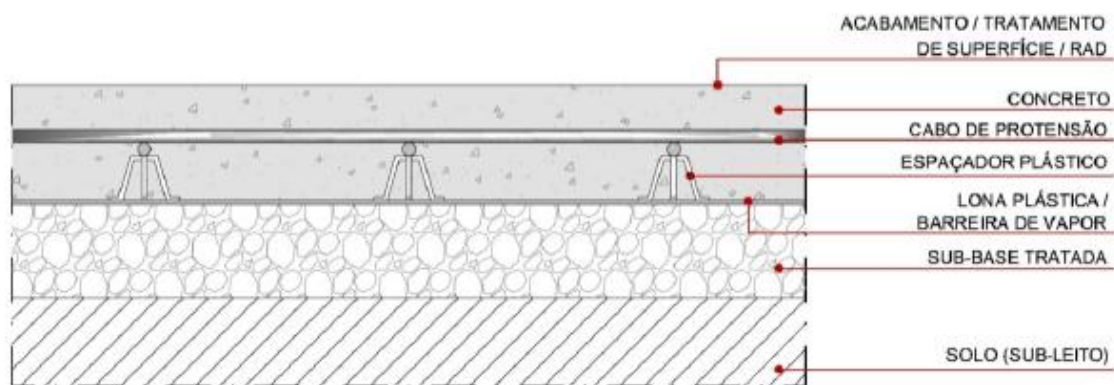


Figura 10 – Pavimento industrial de concreto protendido

2.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CONCRETO

Para se obter um pavimento industrial de concreto com determinado desempenho, é de suma importância controlar o concreto utilizado. Ao contrário do que se costuma imaginar, seu processo de fabricação é um tanto quanto complexo e requer bastante critério.

2.2.1. Materiais componentes do concreto

Em sua grande maioria, os concretos são misturas compostas por cimento Portland, agregados miúdos e graúdos, água e aditivos. Dessa forma, é importante que informações básicas sobre o processo de fabricação e algumas características desses materiais sejam relacionadas.

2.2.1.1. Cimento Portland

Produto de característica aglomerante, instável na presença de água. Tais reações garantem propriedades ao concreto, tanto em estado plástico, quanto em estado endurecido. Seu processo de fabricação segue as etapas ilustradas pela Figura 11.

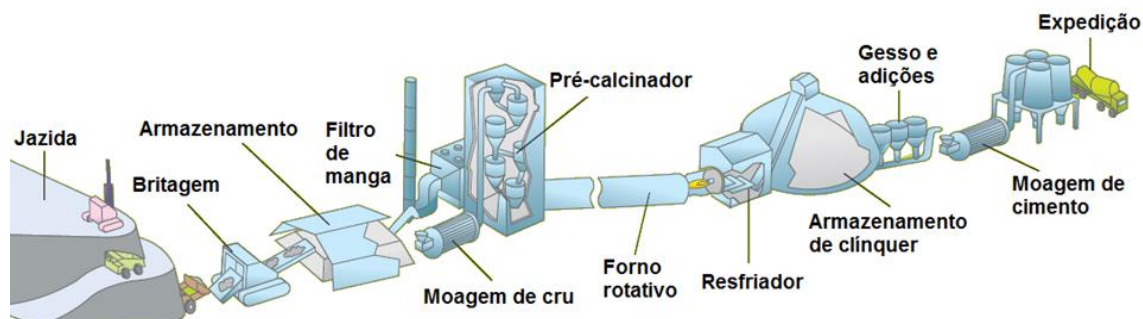


Figura 11 – Processo de fabricação de cimento.
Fonte: Acervo do grupo

As adições indicadas acima proporcionam diferentes características finais aos cimentos. Consequentemente os cimentos são diferenciados por tipos, conforme a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Tipos de cimentos e suas adições

Tipo	Sigla	Classe	Clínquer + Gesso	Fíler (F)	Escória (E)	Pozolana (Z)
Comum	CP I	25 32	100%	---		
	CP I-S	40	95% a 99%	1% a 5%		
Composto	CP II-F	25	90% a 94%	6% a 10%	---	---
	CP II-E	32	56% a 94%	0% a 10%	6% a 34%	---
	CP II-Z	40	76% a 94%	0% a 10%	---	6% a 14%
Alto forno	CP III	25	25% a 65%	0% a 5%	35% a 70%	---
		32				
		40				
Pozolânico	CP IV	25 32	45% a 85%	0% a 5%	---	15% a 50%
ARI	CP V	---	95% a 100%	0% a 5%	---	---

2.2.1.2. Agregado

Agregados são materiais granulares sem forma e volume definidos. Podem ter origem natural como areias, cascalhos e pedregulhos, ou artificial produzidos por algum processo industrial, como pedras britadas, areias artificiais, escórias granulares, etc.

A classificação dos agregados de acordo com a dimensão das partículas, massa específica ou origem gerou uma terminologia especial, que deve ser compreendida com clareza. Por exemplo, o termo agregado graúdo é utilizado para descrever partículas maiores que 4,75 mm (retidas na peneira nº4), e o termo agregado miúdo é utilizado para partículas com menos de 4,75 mm. (MEHTA & MONTEIRO).

a) Agregado miúdo

Areia de origem natural ou resultante da britagem excessiva de rochas. As Figuras 12, 13 e 14 ilustram alguns dos tipos de agregados miúdos.



Figura 12 – Areia natural de rio
Fonte:Acervo do grupo



Figura 13 – Areia quartzosa fina
Fonte:Acervo do grupo



Figura 14 – Pó de pedra
Fonte:Acervo do grupo

b) Agregado graúdo

Geralmente oriundos de rochas metamórficas, como quartzitos, calcários e gnaisses ou rochas ígneas, como granitos, basaltos e diabásios. As Figuras 15, 16 e 17 ilustram alguns tipos de agregados.



Figura 15 – Calcário
Fonte:www.ulbra.br/mineralogia



Figura 16 – Gnaisse
Fonte:www.ulbra.br/mineralogia



Figura 17 – Basalto
Fonte: www.infopedia.pt

Os mesmos são obtidos por processos de britagem industrial, quais passam por britadores de mandíbula (Figura 18) ou rotativo (Figura 19).

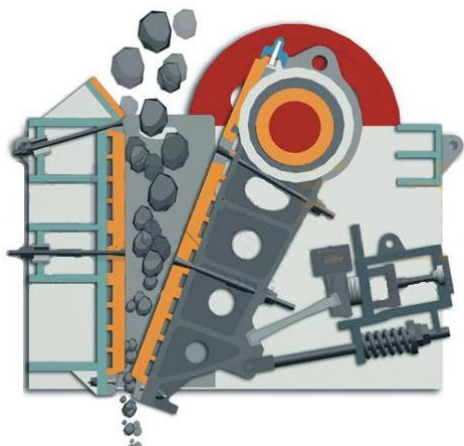


Figura 18 – Britador de mandíbula
Fonte: www.google.com/images

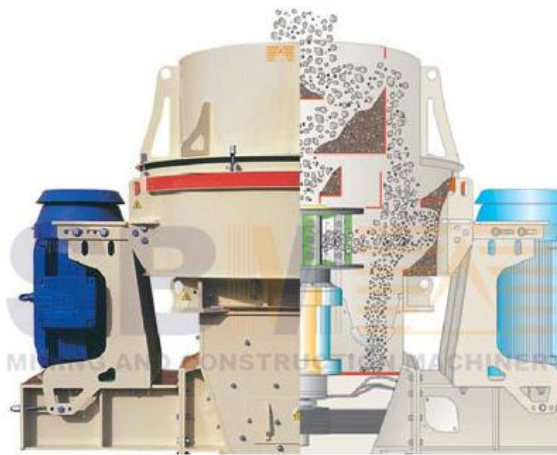


Figura 19 – Britador rotativo
Fonte: www.google.com/images

2.2.1.3. Aditivos

Aditivos são produtos químicos, usados na composição do concreto e/ou argamassa, adicionados à massa imediatamente antes ou durante a mistura, com objetivo de melhorar suas características tanto no estado fresco como no estado endurecido. (IBI – Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central). Com o auxílio destes produtos, é possível reduzir o consumo de água sem interferir na trabalhabilidade do concreto, reduzir ou acelerar o tempo da reação de hidratação do cimento, incorporar ar, amenizar impactos causados por variações volumétricas ou climáticas no concreto, etc.

A Tabela 2 apresenta a maioria dos tipos de aditivos classificados pela ABNT NBR 11768-2011 e suas características.

Tabela 2 – Tipos de aditivos e suas características

TIPO DE ADITIVO	CARACTERÍSTICAS
REDUTOR DE ÁGUA / PLASTIFICANTE	Reduz o consumo de água de amassamento do concreto, sem interferir em sua consistência em estado fresco.
SUPERPLASTIFICANTE	Sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite elevada redução no conteúdo de água de amassamento.
INCORPORADOR DE AR	Permite a incorporação, durante o amassamento do concreto, de uma quantidade controlada de pequenas bolhas de ar.
ACELERADOR DE PEGA	Diminui o tempo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido.
ACELERADOR DE RESISTÊNCIA	Aumenta as taxas de desenvolvimento das resistências iniciais do concreto.
RETARDADOR DE PEGA	Aumenta o tempo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido.

Além dos aditivos relacionados acima, existem outros utilizados em casos mais específicos, como por exemplo:

- Aditivos modificadores de viscosidade;
- Aditivos inibidores de corrosão;
- Aditivos redutores de permeabilidade capilar;
- Aditivos retentores de água;
- Aditivos aceleradores para concreto projetado;
- Aditivos controladores de hidratação;
- Aditivos compensadores de retração por secagem, dentre outros.

2.2.2. Central dosadora de concreto

Uma central dosadora de concreto ocupa um espaço razoavelmente grande, qual abriga um pátio para estoque de agregados, uma balança para estes agregados (em certos casos, composta por comportas para pré-carregamento de agregados), um ou mais silos de cimento/aglomerantes em pó e um ou mais pontos de carga (local onde o caminhão betoneira é carregado com materiais ainda não misturados). Além dessa estrutura básica para estoque, pesagem e carregamento (conforme ilustrado pela Figura 20), a central conta com um escritório

administrativo e comercial, um laboratório para controle tecnológico do concreto produzido e um local para limpeza e manutenção dos caminhões betoneira.



Figura 20 – Central dosadora de concreto
Fonte: www.schwingstetter.com.br

Apenas trabalhar com um equipamento de boa qualidade, com manutenção adequada e aferições frequentes, não garantem excelência para uma central dosadora de concreto. É de suma importância para a empresa fornecedora de concreto, que seus MCC's sejam frequentemente controlados (conforme indicações normativas), com objetivo de conferir suas qualidades, e que seus profissionais sejam capacitados para assumir suas responsabilidades, seja ela qual for.

2.2.3. Metodologias de aplicação do concreto em pavimentos industriais

O processo de concretagem de pavimentos industriais apresenta inúmeras particularidades, quando comparado à concretagens convencionais. A dosagem do concreto apresenta restrições, o tempo de transporte e descarga do caminhão betoneira deve ser controlado, a aplicação, o adensamento, o acabamento e a cura do concreto também são feitos de forma diferentes do padrão, etc. Sendo assim, a

importância de se controlar todo o processo é eminente, evitando desvios que não só atrasam o cronograma da obra, mas também geram retrabalhos e novos custos.

As metodologias mais utilizadas atualmente são as concretagens por faixas de aplicação, e a concretagem em placas de grande porte. A concretagem por faixas de aplicação facilita o acesso dos aplicadores e seus equipamentos (Figuras 21 e 22).

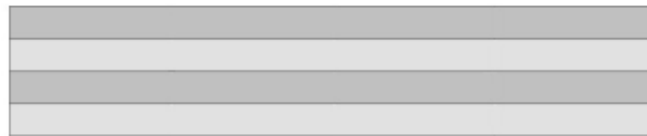


Figura 21 – Concretagem por faixas de aplicação
Fonte: Acervo do grupo

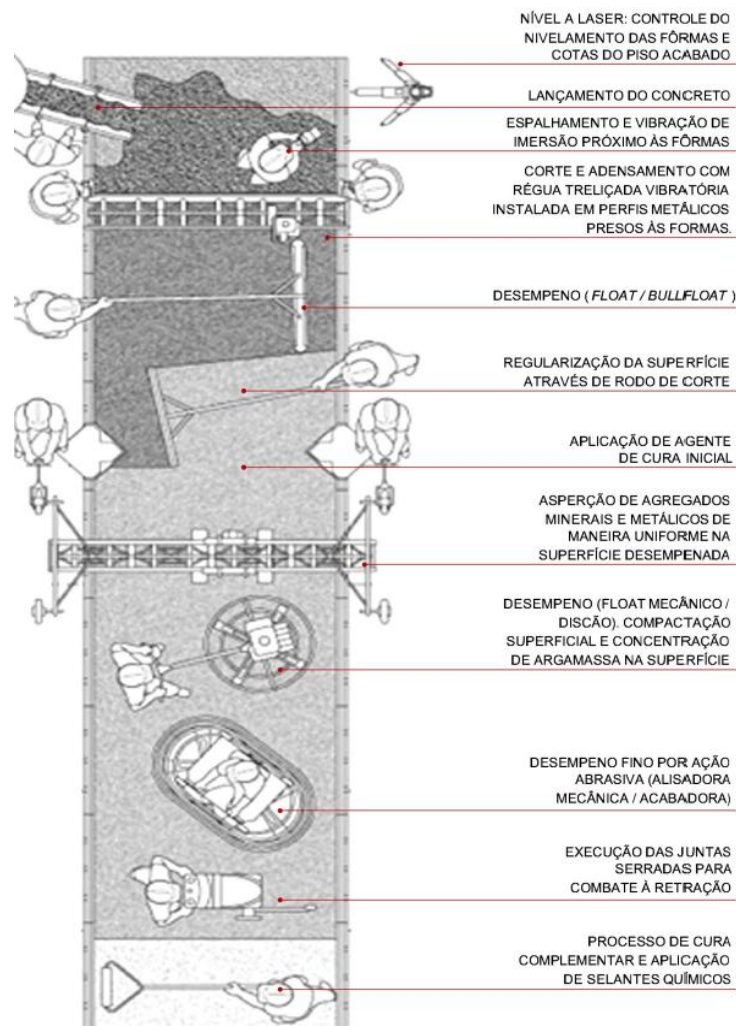


Figura 22 – Procedimento de aplicação

Fonte: *Strictu Sensu* - CRISTELLI, 2010

Além da metodologia mostrada anteriormente, é bastante comum a concretagem de placas de grande porte (Figura 23). Neste caso é necessário a Laser Screed (Figura 24), um equipamento de altíssima tecnologia que opera simultaneamente os processos de adensamento, corte, nivelamento e início de acabamento do concreto.



Figura 23 – Concretagem de placas de grande porte
Fonte: Acervo do grupo

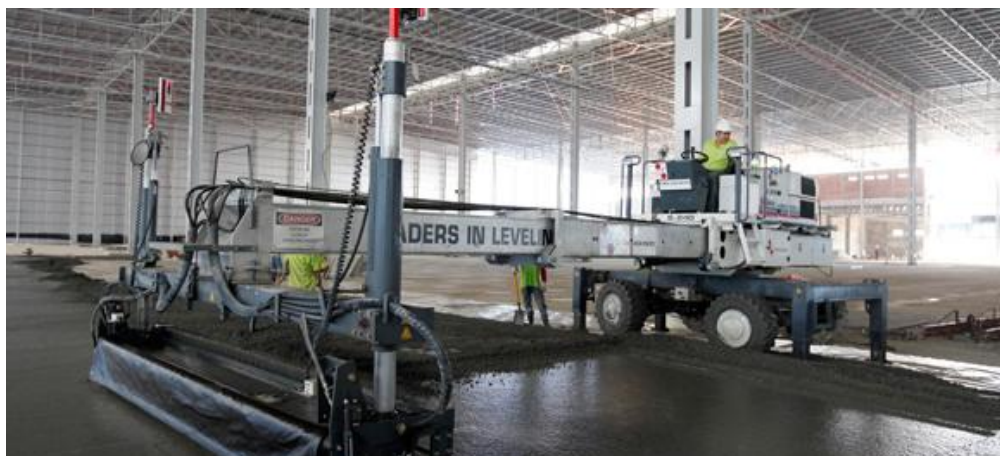


Figura 24 – *Laser Screed* em operação
Fonte: www.google.com.br/images

2.2.4. Concreto utilizado

Conforme explicado anteriormente, o concreto para pavimentos industriais são dosados de forma particular. Consequentemente, seu controle vai além da determinação de sua resistência e do seu abatimento (Slump Test), procedimento para peças estruturais comuns.

O melhor traço de concreto para pisos é aquele que consegue incorporar a combinação mais econômica de materiais com a trabalhabilidade, resistências à abrasão e compressão, durabilidade e retração requeridas no projeto. (SEILER, H. Paul, 2009)

A grande diferença entre os locais onde serão aplicados o concreto, o clima da região onde a obra se situa (exemplificado no Anexo A), o tempo de trajeto dos caminhões betoneira, a metodologia de aplicação, a mão-de-obra e os materiais disponível, dentre outros, faz-se necessário um tipo de estudo e controle para cada situação. Ou seja, não existe uma fórmula genérica para dosagem e aplicação de concreto para pavimentos industriais.

Seguindo a citação de SEILER, H. Paul (2009), de acordo com projetistas, aplicadores e os demais profissionais relacionados ao assunto, o concreto para pavimentos industriais deve garantir resistências à compressão, flexão e abrasão, apresentar reologia suficiente para fácil bombeamento e acabamento, ser capaz de reduzir as retrações e apresentar coloração uniforme.

Dessa forma, buscando atender a maioria ou a totalidade das solicitações, Quinta (2006) indica considerar teor de argamassa entre 52 e 55%; fator água/cimento menor ou igual a 0,55; abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) entre 80 e 120 mm e curva granulométrica de agregados contínua. Além disso, controlar o consumo máximo de água e também o teor de finos presentes na dosagem de concreto auxilia na redução da exsudação (processo de segregação/migração da água para a superfície do concreto, ilustrado pela Figura 25), qual além de reduzir as resistências na superfície da placa, gera retrações internas no concreto e problemas no início de pega do mesmo.

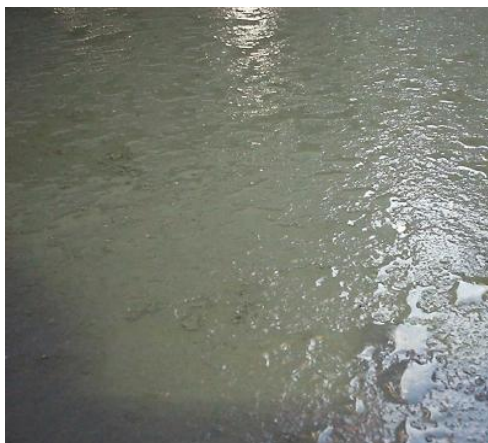


Figura 25 – Processo de exsudação
Fonte: Material seminário de pisos Anapre

2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS PAVIMENTOS INDUSTRIAIS DE CONCRETO

Como em toda estrutura de concreto, o surgimento de manifestações patológicas em pavimentos industriais de concreto é bastante recorrente, quando não seguidos os procedimentos corretos de projeto, execução e manutenção de seus componentes. A falta de qualidade ocorre, principalmente, por falta de conhecimento acerca do sistema construtivo adotado. Ressalta-se que, no Brasil, ainda não existe referência normativa específica, qual auxilie e/ou restrinja limites aos profissionais responsáveis por desenvolvimentos de projetos e pela execução e manutenção dos pavimentos industriais de concreto.

A consciência de que todos os detalhes do processo devam ser desenvolvidos e analisados por profissionais capacitados, é de extrema importância. Tendo em vista que um ou mais desvios, podem levar todo o sistema construtivo ao insucesso.

Seguem os defeitos apresentados mais frequentes em pavimentos industriais de concreto.

2.3.1. Fissuras e trincas

Aberturas que ocorrem ao longo das placas de concreto, sejam no interior ou na superfície das mesmas. São as manifestações mais comuns em pavimentos industriais de concreto, causadas por retrações de diferentes tipos e movimentações limitadas da placa de concreto.

A Figura 26 ilustra aberturas ocorridas no pavimento industrial de concreto.



Figura 26 – Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto
Fonte: Acervo do grupo

2.3.1.1. Retração do Concreto

Retrações são efeitos causados por variações volumétricas ou movimentações da água presente no concreto em estado fresco ou endurecido. Estes efeitos geram tensões superiores à capacidade do concreto de resistir à tração, possibilitando assim o aparecimento de fissuras internas ou na superfície das peças concretadas.

As retrações são denominadas de acordo com suas causas, sendo elas:

- Retração plástica: Ocorre logo após o lançamento do concreto (estado plástico/fresco), quando a taxa de evaporação da água presente na camada

superior/superficial, por ações do vento, umidade e/ou temperatura, excedem a taxa de exsudação. Há perda volumétrica e geração de tensões;

A figura 27 ilustra a retração plástica do concreto.



Figura 27 – Fissuras ao longo do pavimento industrial de concreto
Fonte: www.google.com.br/images

- Retração por secagem: Muito parecida com a retração plástica, porém em estado endurecido. Segundo MEHTA et al (2014), a água está presente de quatro formas diferentes na pasta de cimento hidratada (Figura 28). Sendo elas:

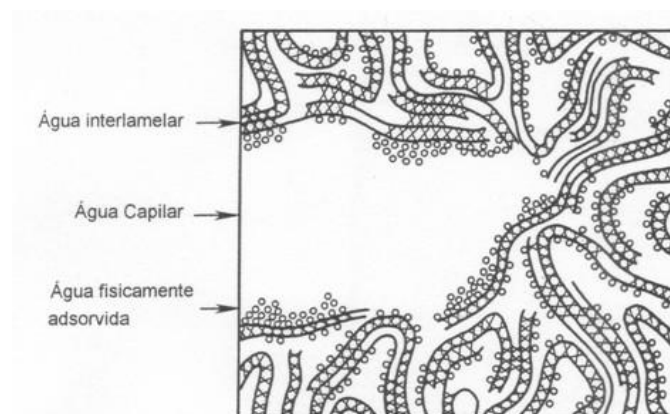


Figura 28 – Tipos de água presentes no interior do concreto
Fonte: Livro IBRACON Mehta & Monteiro 2014

a) Água capilar: Presente em vazios maiores. Água disponível que está livre da influência das forças de atração exercidas pelas superfícies sólidas. São divididas em duas categorias: água em grandes vazios (da ordem > 50 nm),

denominada água livre (sua remoção não causa alteração volumétrica), e a água retida por tensão capilar em pequenos capilares (ordem 5 a 50 nm), nesse último caso, sua remoção pode causar retração ao sistema;

b) Água adsorvida: Água que se encontra próxima à superfície sólida dos produtos de hidratação, sob influência das forças de atração. Em situações de umidades relativas baixas, a maior parte dessa água é perdida, causando forte retração ao sistema;

c) Água interlamelar: Água associada com a estrutura dos produtos de hidratação. Perdida apenas por forte secagem (umidade relativa abaixo de 11%), desencadeando forte retração ao sistema;

d) Água quimicamente combinada: Integra parte da microestrutura dos produtos de hidratação. Não se perde por secagem, e são liberadas apenas quando os hidratos se decompõem por aquecimento. No processo de secagem na pasta endurecida, a água presente nos poros capilares e também adsorvida nas superfícies dos produtos de hidratação, movimentam-se em direção à atmosfera (evaporação), gerando novamente, tensões internas que originarão fissuras;

- Retração autógena: Durante a hidratação do cimento, a água presente nos poros do concreto é consumida, gerando tensão capilar interna (ilustrada pela Figura 29). Esta tensão é inversamente proporcional ao diâmetro do poro, ou seja, quanto menor o poro, maior a tensão gerada, e maior a retração autógena;

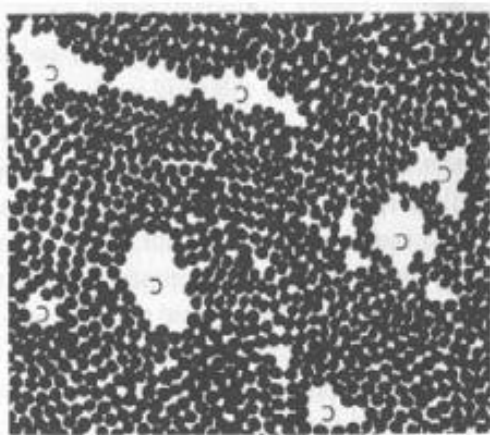


Figura 29 – Poros de gel (branco) e gel (preto)

Fonte: V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba

- Retração química: O volume ocupado pelos produtos de hidratação do cimento são relativamente menores que seus antecessores (cimento anidro e água). Dessa forma, durante o processo de reação, ocorre uma redução de volume, e conseqüentemente retração do sistema;
- Retração térmica: Os compostos geralmente expandem com o calor, e retraem com o resfriamento. No caso do concreto, o coeficiente de expansibilidade em função da temperatura é baixo. Sendo assim, tais deformações só ocorrerão em casos extremos de variações de temperatura, ou em aplicações de grande massa (como por exemplo blocos de fundação), onde a geração de calor do processo de hidratação do cimento (reação exotérmica) e a dificuldade de dissipação da mesma para o ambiente, criam situações de grande elevação de temperatura. Em seguida, durante o resfriamento do concreto até a temperatura ambiente, gerará fissuras por retração térmica.

2.3.2. Delaminação

Destacamento da camada superficial de acabamento.

A Figura 30 ilustra a delaminação em um pavimento industrial de concreto.



Figura 30 – Delaminação do concreto
Fonte: www.cimentoitambe.com.br

2.3.3. Manchas ou descoloração

Não uniformidade da coloração na superfície das placas de concreto.
As manchas ou descolorações apresentam-se conforme a Figura 31.



Figura 31: Manchas superficiais de pavimento industrial de concreto
Fonte: www.mundodoconcreto.com.br

2.3.4. Desgaste superficial e formação de pó

Deterioração na superfície das placas, com características de desgastes mais profundos ou esfarelamento superficial do concreto.

A Figura 32 ilustra o esfarelamento da superfície do pavimento industrial de concreto.



Figura 32: Esfarelamento superficial do pavimento industrial de concreto
Fonte: Material aula - José Eduardo Granato

2.3.5. Bolhas

Formação de bolhas nas superfícies dos revestimentos das placas de concreto.

A Figura 33 ilustra o efeito após surgimento de bolhas no revestimento do pavimento industrial.



Figura 33: Bolhas no revestimento superficial do pavimento industrial de concreto
Fonte: www.mundodoconcreto.com.br

2.3.6. Falhas e irregularidades no acabamento

Variação excessiva ou não uniformidade da textura final nos acabamentos do pavimento.

A Figura 34 apresenta um caso de variação na textura superficial do pavimento industrial de concreto.



Figura 34: Variações na textura superficial do pavimento industrial de concreto
Fonte: www.mundodoconcreto.com.br

2.3.7. “Pop-out”

Ruptura de pequenas porções da superfície do concreto devido a pressões internas localizadas que deixam uma depressão pequena e cônica.

O efeito de *pop-out* é ilustrado pela Figura 35.



Figura 35: Ruptura de pequenas porções do pavimento industrial de concreto
Fonte: www.mundodoconcreto.com.br

2.3.8. Esborcinamento de juntas

Desgastes ocorridos nas arestas das juntas de movimentação, presentes ao longo dos pavimentos.

A Figura 36 ilustra o efeito de esborcinamento, ocorrido após desgastes das juntas entre placas.

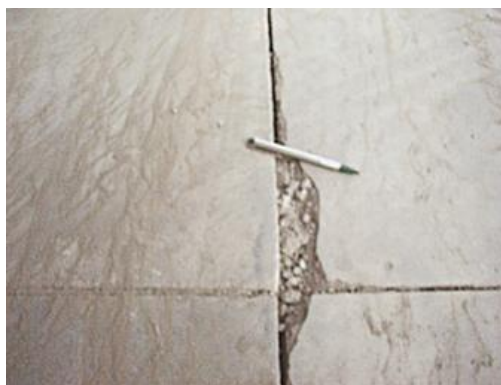


Figura 36: Efeito de esborcinamento de juntas
Fonte: Material aula - José Eduardo Granato

2.3.9. Desplacamento por corrosão de armadura

Destacamento da camada de cobrimento do concreto causadas por tensões de expansão volumétrica das armaduras.

A Figura 37 ilustra o deslocamento ocorrido por corrosão das armaduras do pavimento.



Figura 37: Desplacamento superficial do concreto por corrosão de armadura

Fonte: www.google.com/images

2.3.10. Empenamento das placas

Empenamento excessivo das placas de concreto, quais geram desníveis.

A Figura 38 apresenta o empenamento diferencial das placas de concreto.



Figura 38: Empenamento diferencial das placas de concreto

Fonte: Material aula - José Eduardo Granato

2.3.11. Recalques

Falta ou insuficiência de apoio por afundamento da fundação e/ou perda de material na base do pavimento.

O efeito do rebaixamento das placas de concreto é ilustrado pela Figura 39.



Figura 39: Recalque e rebaixamento das placas no pavimento industrial de concreto

Fonte: Material aula - José Eduardo Granato

3. METODOLOGIA

3.1. AVALIAÇÃO DO MECANISMO DE APLICAÇÃO

3.1.1. Coleta de dados

Todas as empresas envolvidas no processo de contratação, execução e avaliação do pavimento industrial de concreto foram procuradas, em busca de informações para enriquecer este trabalho. Porém, foram disponibilizados dados apenas pela empresa contratante do serviço. Sendo assim, por questões éticas, alguns dados não foram disponibilizados, ou omitidos no trabalho final.

O projeto do piso é apresentado no Anexo B, ao final deste trabalho. As localizações das juntas e suas particularidades, os tamanhos das placas e o posicionamento das mesas estão indicadas no projeto.

Algumas das notas de entrega dos concretos utilizados, foram disponibilizadas ao grupo e seguem, ilustradas pelas Figuras 40, 41, 42, 43, 44 e 45.

DANFSE - Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

MUNICÍPIO: MONTES CLAROS BAIRRO: Dist. Industrial		Número da NFS-e 20140000013792		
		Data do Serviço 10/03/2014	Código verificador 59829d2a	
 Prefeitura Municipal de Montes Claros-MG Secretaria Municipal da Fazenda		DT. de Emissão 10/03/2014	Natureza da Operação Tributação no Município	Tributado no Município MONTES CLAROS
		Município de Prestação do Serviço MONTES CLAROS		
TOMADOR DO SERVIÇO				
Nome / Razão Social				
Endereço				
Número 0				
Cidade MONTES CLAROS	UF MG	Fone	CEP	
Bairro				
CNPJ / CPF		Inscrição Municipal		
INTERMEDIÁRIO DO SERVIÇO				
Nome / Razão Social		CNPJ / CPF		Inscrição Municipal
.....				
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS		VALOR TOTAL	ALIQ.	VALOR IMPOSTO
PISO INDUSTRIAL FIBRA POLIPROPILENO fck 30 brita 01 slump 10+-2		2160.00	5,00	51,53
				RETIDO
				NAO

Figura 40 – Nota fiscal de serviço

Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

DANFSE - Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

MUNICÍPIO: MONTES CLAROS		Número da NFS-e	
		201400000013928	
BAIRRO: Dist. Industrial		Data do Serviço	Código verificador
		17/03/2014	85f50328

 Prefeitura Municipal de Montes Claros-MG Secretaria Municipal da Fazenda	Dt. de Emissão	Natureza da Operação	Tributado no Município
	17/03/2014	Tributação no Município	MONTES CLAROS

TOMADOR DO SERVIÇO		Município de Prestação do Serviço			
Nome / Razão Social		MONTES CLAROS			
Endereço					
Número 0					
Cidade	UF			Fone	CEP
MONTES CLAROS	MG				39404128
Bairro					
CNPJ / CPF		Inscrição Municipal			

INTERMEDIÁRIO DO SERVIÇO				
Nome / Razão Social		CNPJ / CPF	Inscrição Municipal	
*****		*****	*****	

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	VALOR TOTAL	ALÍQ.	VALOR IMPOSTO	RETIDO
PISO INDUSTRIAL FIBRA POLIPROPILENO fck 25 brita 01 slump 10+-2	2071,12	5,00	51,55	NAO

Figura 41 – Nota fiscal de serviço
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

DANFSE - Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

MUNICÍPIO: MONTES CLAROS		Número da NFS-e	
		201400000013928	
BAIRRO: Dist. Industrial		Data do Serviço	Código verificador
		17/03/2014	85f50328

 Prefeitura Municipal de Montes Claros-MG Secretaria Municipal da Fazenda	Dt. de Emissão	Natureza da Operação	Tributado no Município
	17/03/2014	Tributação no Município	MONTES CLAROS

TOMADOR DO SERVIÇO		Município de Prestação do Serviço			
Nome / Razão Social		MONTES CLAROS			
Endereço					
Número 0					
Cidade	UF			Fone	CEP
MONTES CLAROS	MG				39404128
Bairro					
CNPJ / CPF		Inscrição Municipal			

INTERMEDIÁRIO DO SERVIÇO			
Nome / Razão Social		CNPJ / CPF	Inscrição Municipal
*****		*****	*****

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	VALOR TOTAL	ALÍQ.	VALOR IMPOSTO	RETIDO
PISO INDUSTRIAL FIBRA POLIPROPILENO fck 25 brita 01 slump 10+-2	2071,12	5,00	51,55	NAO

Figura 42 – Nota fiscal de serviço
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

DANFSE - Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

MUNICÍPIO: MONTES CLAROS		BAIRRO: Dist. Industrial		Número da NFS-e 201400000013956		
				Data do Serviço 17/03/2014	Código verificador e64b5de6	
 Prefeitura Municipal de Montes Claros-MG Secretaria Municipal da Fazenda		Dt. de Emissão 17/03/2014	Natureza da Operação Tributação no Município	Tributado no Município MONTES CLAROS		
TOMADOR DO SERVIÇO			Município de Prestação do Serviço			
Nome / Razão Social			MONTES CLAROS			
Endereço						
Cidade MONTES CLAROS	UF MG	Fone				CEP 39404128
Bairro						
CNPJ / CPF	Inscrição Municipal					
INTERMEDIÁRIO DO SERVIÇO						
Nome / Razão Social		CNPJ / CPF		Inscrição Municipal		
*****		*****		*****		
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS		VALOR TOTAL	ALIQ.	VALOR IMPOSTO	RETIDO	
PISO INDUSTRIAL FIBRA POLIPROPILENO fck 25 brita 01 slump 10+-2		2071.12	5,00	51,55	NAO	

Figura 43 – Nota fiscal de serviço
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

DANFSE - Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

MUNICÍPIO: MONTES CLAROS		BAIRRO: Dist. Industrial		Número da NFS-e 201400000013967		
				Data do Serviço 17/03/2014	Código verificador fec6b4c9	
 Prefeitura Municipal de Montes Claros-MG Secretaria Municipal da Fazenda		Dt. de Emissão 17/03/2014	Natureza da Operação Tributação no Município	Tributado no Município MONTES CLAROS		
TOMADOR DO SERVIÇO			Município de Prestação do Serviço			
Nome / Razão Social			MONTES CLAROS			
Endereço						
Cidade MONTES CLAROS	UF MG	Fone				CEP 39404128
Bairro						
CNPJ / CPF	Inscrição Municipal					
INTERMEDIÁRIO DO SERVIÇO						
Nome / Razão Social		CNPJ / CPF		Inscrição Municipal		
*****		*****		*****		
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS		VALOR TOTAL	ALIQ.	VALOR IMPOSTO	RETIDO	
CONCRETO CONVENCIONAL fck 25 brita 1 slump 6+-1		1610.00	5,00	39,03	NAO	

Figura 44 – Nota fiscal de serviço
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

DANFSE - Documento Auxiliar da Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

MUNICÍPIO: MONTES CLAROS		BAIRRO: Dist. Industrial		Número da NFS-e 201400000013961	
		Data do Serviço 17/03/2014		Código verificador 738654c	

 Prefeitura Municipal de Montes Claros-MG Secretaria Municipal da Fazenda		Dt. de Emissão 17/03/2014	Natureza da Operação Tributação no Município	Tributado no Município MONTES CLAROS
--	--	-------------------------------------	---	--

TOMADOR DO SERVIÇO				Município de Prestação do Serviço	
Nome / Razão Social				MONTES CLAROS	
Endereço					
Número 0					
Cidade MONTES CLAROS	UF MG	Fone	CEP 39404128		
Bairro					
CNPJ / CPF		Inscrição Municipal			

INTERMEDIÁRIO DO SERVIÇO			
Nome / Razão Social		CNPJ / CPF	Inscrição Municipal
*****		*****	*****

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	VALOR TOTAL	ALIQ.	VALOR IMPOSTO	RETIDO
PISO INDUSTRIAL FIBRA POLIPROPILENO fck 25 brita 01 slump 10+-2	1812.23	5,00	45,10	NAO

ORDEN DE COMPRA

Figura 45 – Nota fiscal de serviço
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

Um croqui informativo do mapeamento das fissuras, desenvolvido pela equipe de engenharia da empresa contratante, também foi disponibilizado ao grupo. Documento muito importante, pois indica exatamente onde ocorreram as fissuras, onde foram mais recorrentes, e as direções das mesmas. A Figura 46 apresenta o croqui fornecido pela empresa contratante.

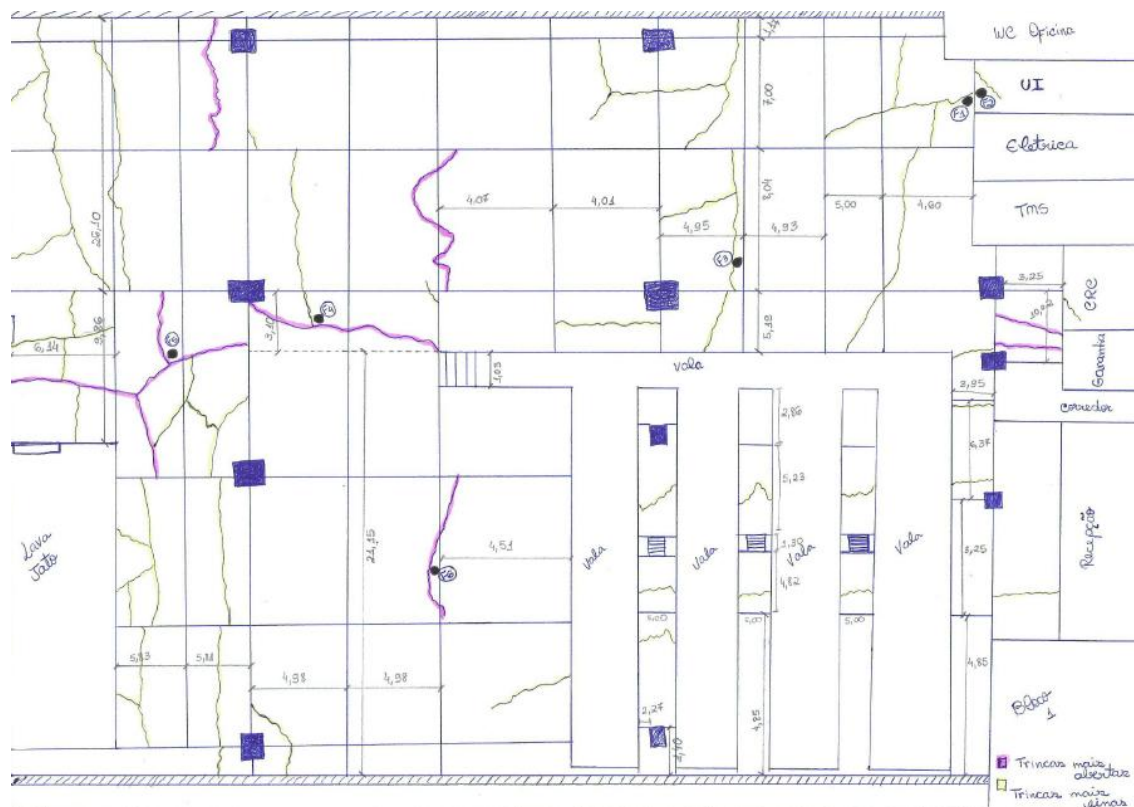


Figura 46 – Mapeamento das fissuras ocorridas
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

A empresa também forneceu algumas das fotografias (Figuras 47, 48, 49) do espaço da concessionária, antes da aplicação do pavimento industrial de concreto.



Figura 47 – Galpão antes da aplicação do concreto

Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados



Figura 48 – Galpão antes da aplicação do concreto
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados



Figura 49 – Galpão antes da aplicação do concreto
Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

Por fim, segue ilustração da Ata de Vistoria (Figura 50), censurada conforme condição da empresa contratante.

2 – EVENTO 2: TRINCAS NO PISO DE CONCRETO Em meados de abril de 2014, durante o período de cura do concreto, começaram a surgir fissuras e trincas no piso interno da oficina do bloco 1. Esse piso foi executado em março de 2014 pela [REDACTED] com concreto fornecido pela [REDACTED]. Para ambos, ou seja [REDACTED], a tomadora dos serviços foi a [REDACTED].
[REDACTED] antes da concretagem do piso, executou a compactação do solo e preparação da sub-base com a aplicação de pó-de-pedra e bica corrida. Com o surgimento das fissuras, [REDACTED] fez testes com alguns produtos com vistas a cobrir essas aberturas, porém o proprietário não está propenso a aceitar as correções propostas, pelo fato de não suprir a integridade do piso contratado, aspectos estéticos e a possibilidade de contaminação do subsolo por óleo e outros produtos químicos utilizados na oficina, quando em operação. [REDACTED] aguarda a vinda de laudo técnico de especialista em materiais de construção, sobre as causas que levaram às trincas reclamadas. Todavia já é patente que não houve nenhum acidente que levasse às várias trincas apresentadas nos diversos pontos do piso que cobre os 1.950 m² do pátio interno da oficina do bloco 1. As trincas em questão não produziram qualquer dano material à obra. Durante a nossa inspeção, constatamos que a existência das trincas do piso. Tal qual no evento anterior, os únicos impactos que essa não conformidade trouxe à obra estão relacionados com os custos de seu reparo (o proprietário deseja que todo o piso seja demolido e refeito, porém está aberto para discutir o assunto, caso lhe sejam submetida soluções técnicas apropriadas) e o atraso na conclusão e entrega da obra como um todo. Para esse evento, o segurado apresentou planilha de custos que totaliza R\$ 242.480,69 e engloba a mão de obra, refeições e transporte de pessoal para a demolição e reconstrução do piso, retirada de entulho, locação de equipamentos, materiais, cura química, corte das juntas de dilatação, polimento do piso e gerenciamento (engenheiro, encarregados, apontadores e técnicos) Nada mais.
O SEGURADO ESTÁ CIENTE QUE ATÉ QUE A CAUSA DO EVENTO ESTEJA PERFEITAMENTE DETERMINADA E QUE A RESPONSABILIDADE PELOS DANOS ESTABELECIDOS, TODAS AS REUNIÕES, SOLICITAÇÕES E INVESTIGAÇÕES REALIZADAS EM NOME DA SEGURADORA SÃO FEITAS SEM QUE A MESMA RECONHEÇA QUALQUER RESPONSABILIDADE PELA PRESENTE RECLAMAÇÃO DE SINISTRO.

MONTES CLAROS, 16 DE JUNHO DE 2014

Figura 50 – Ata de Vistoria

Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados junto a empresa contratante

3.1.2. Dados do clima

Os dados meteorológicos coletados para a cidade de Montes Claros-MG indicam que nos dias das concretagens (10, 17 e 20/03/2014), não ocorreram

precipitações significativas. Com relação à umidade relativa do ar, as mesmas apresentaram condições de 85,06% para o dia 10/03/2014, 71,23% para o dia 17/03/2014 e 67,94% para o dia 20/03/2014. A Tabela 3 apresenta os dados coletados.

Tabela 3 - Dados meteorológicos da cidade de Montes Claros - Março/2014

Dados Meteorológicos de Montes Claros - MG							
Data	T. média (°C)	T. max. (°C)	T. min. (°C)	U.R. (%)	Vel. do vento (m/s)	Pressão atmosf. (mb)	Precipitação (mm)
01/03/2014	23,03	29,90	19,50	82,15	0,14	1007,87	2,77
02/03/2014	24,56	31,10	19,80	75,56	0,87	1007,23	3,30
03/03/2014	25,63	31,30	21,40	66,96	1,07	1007,32	0,00
04/03/2014	25,04	29,80	19,70	66,91	1,07	1009,19	0,00
05/03/2014	25,59	31,70	20,60	66,85	1,15	1009,63	0,00
06/03/2014	24,71	30,40	19,20	69,46	0,33	1008,42	0,00
07/03/2014	24,83	31,60	19,10	69,92	0,37	1007,24	0,00
08/03/2014	25,27	31,80	21,20	71,58	0,56	1006,91	1,26
09/03/2014	22,50	28,80	20,40	87,58	0,37	1009,96	70,10
10/03/2014	23,23	28,40	20,40	85,06	0,33	1010,00	0,02
11/03/2014	24,47	29,60	19,50	74,04	0,83	1009,27	0,01
12/03/2014	24,20	30,60	18,10	70,98	0,99	1010,48	0,25
13/03/2014	25,35	31,00	20,60	69,54	0,89	1010,71	0,00
14/03/2014	24,95	30,60	20,10	69,02	1,20	1009,84	0,00
15/03/2014	24,40	30,40	19,60	68,31	1,09	1009,75	0,00
16/03/2014	24,22	30,20	19,00	69,40	0,83	1010,70	0,00
17/03/2014	24,19	30,80	19,80	71,23	0,95	1009,72	0,00
18/03/2014	24,50	30,00	19,30	71,10	0,56	1009,49	0,00
19/03/2014	25,15	31,40	19,30	68,67	0,81	1008,22	0,00
20/03/2014	25,39	32,80	18,50	67,94	0,67	1007,15	0,00
21/03/2014	26,77	34,90	18,50	66,89	0,36	1007,56	0,00
22/03/2014	27,53	33,90	21,70	67,58	0,46	1007,43	8,63
23/03/2014	25,30	33,20	20,70	79,63	0,33	1007,16	27,14
24/03/2014	23,09	27,10	21,10	86,23	0,25	1010,07	8,62
25/03/2014	24,10	29,10	21,30	78,90	0,29	1010,83	0,00
26/03/2014	24,48	31,00	19,40	75,50	0,40	1010,48	1,02
27/03/2014	24,92	29,60	20,60	74,04	0,59	1009,22	0,00
28/03/2014	23,95	27,00	21,10	79,00	0,23	1009,07	0,00
29/03/2014	25,05	30,90	20,70	73,71	0,71	1008,55	0,00
30/03/2014	24,24	27,90	21,90	79,50	0,15	1010,10	0,00
31/03/2014	25,20	29,20	21,20	77,67	1,17	942,17	0,00

Fonte: www.cptec.inpe.br

3.1.3. Visitas *in loco*

Buscando melhores ilustrações e informações do problema estudado, no pavimento industrial de concreto da concessionária, o grupo de estudos realizou visitas à obra.

De acordo com explicação anterior, algumas informações importantes foram negadas pelas empresas participantes do processo construtivo do pavimento industrial de concreto. Sendo assim, foi necessário entrevistar alguns funcionários

da empresa contratante dos serviços, reunir com engenheiros participantes das visitas técnicas à obra, etc.

3.2. PROCESSO CONSTRUTIVO

3.2.1. Tipo de pavimento projetado

O pavimento industrial de concreto projetado foi do tipo reforçado com macrofibras. Qual não considerava nenhuma armação estrutural e para combate à retrações, apenas barras de transferência em alguns pontos de juntas entre as placas (ilustração do projeto no Anexo B).

Segundo informações coletadas, a empresa responsável pelo projeto e aplicação do concreto, havia executado um pavimento industrial de concreto bastante semelhante em outra concessionária na região, considerando o mesmo tipo de pavimento utilizado nesta aplicação.

3.2.2. Concreto utilizado

A dosagem de concreto solicitada pelo engenheiro projetista do pavimento industrial de concreto é apresentada pela Figura 51.

Prezados, bom dia.

Conforme combinado, segue abaixo a solicitação para o concreto usinado – Piso concessionária Montes Claros:

Fck 30,0 MPa, Slump Test 10 ± 2 cm

- Consumo de cimento: entre 330 à 390 kg/m³
- Cimento tipo II ou V (não utilizar cimento de auto forno ou pozolânico)
- Relação a/c $\leq 0,52$
- Consumo máximo de água: 185 kg/m³
- Diâmetro do agregado graúdo (preferencial): 25,0 mm
- Teor volumétrico de argamassa: 48,0 à 52,0 %
- Teor de ar incorporado: < 3%
- Retração hidráulica máxima: 400 $\mu\text{m/m}$
- O concreto poderá ser dosado com aditivo plastificante de pega normal, de modo a não interferir e principalmente retardar o período de dormência do composto.
- Adição de Fibra Dramix RL 65/60 BN: 20,0 kg/m³

Estamos à disposição para demais dúvidas.

Figura 51 – Especificação do concreto considerada em projeto

Fonte: Acervo do grupo – Coleta de dados

A dosagem de concreto proposta à empresa contratante pela central dosadora de concreto, segue a carta de traço indicada pela Tabela 4.

Tabela 4 – Dosagem de traço fornecida pela empresa contratante

f_{ck} 30,0 MPa – Slump Test 100 ± 20 mm (kg)	
Cimento CP II-E-32	400
Areia de rio lavada	790
Brita 1 calcária	910
Água	200
Aditivo Mira 140 Plast	2,400
Microfibra de polipropileno – Neofibra 12 mm	0,200

a) Lançamento / concretagem

O concreto foi lançado com auxílio de um caminhão bomba, similar ao ilustrado pela Figura 52.



Figura 52 – Caminhão bomba em atividade

Fonte: www.google.com/images

O equipamento possibilita fácil acesso ao ponto de descarga do concreto, quando há incapacidade do caminhão betoneira em descarregar no local exato. Além de evitar a descontinuidade na descarga, acarretando problemas futuros.

As concretagens ocorreram nas datas 10/03/2014, 17/03/2014 e 20/03/2014, durante os períodos da manhã e da tarde. As placas foram aplicadas seguindo a metodologia de faixas de aplicação.

b) Acabamento

O acabamento executado no pavimento industrial de concreto, seguiu o processo padrão, onde foram necessárias seguintes equipes:

- Equipe para espalhamento e vibração do concreto;
- Equipe de adensamento, auxílio de régua vibratória;
- Equipe de desempeno, portando float de madeira;
- Equipe de regularização da superfície, portando rodo de corte;
- Equipe de desempeno. Utilizado float mecânico (discão);
- Equipe de desempeno fino. Utilizada alisadora mecânica/acabadora;
- Equipe de corte de juntas;
- Equipe de aplicação de cura, aplicação de lâminas d'água.

c) Cura

O procedimento de cura considerado para o pavimento industrial de concreto, foi a aplicação de lâminas d'água. Procedimento simples, mas extremamente eficiente, conforme comentado anteriormente.

A molhagem teve início logo após o final do acabamento do pavimento industrial e perdurou até o quinto dia após as concretagens. Eram feitas quatro aplicações diárias:

- Às 7:00 horas;
- Às 10:00 horas;
- Às 14:00 horas;
- E às 18:00 horas.

4. AVALIAÇÃO DO PROBLEMA

4.1. OCORRÊNCIAS

Foi notificado o aparecimento de fissuras ao longo das placas concretadas, após 20 dias seguidos da primeira descarga.

As fissuras apresentaram aberturas estreitas, inicialmente. Algumas sofreram tentativas de colmatação com resina epoxídica. Mas ao decorrer do tempo, a quantidade e as dimensões das aberturas foram intensificadas, rompendo, inclusive as tentativas de correções feitas anteriormente.

De acordo com as entrevistas feitas com a equipe de colaboradores da empresa contratante do serviço, as primeiras fissuras apareceram próximas a data 01/04/2014. E, ao longo das duas primeiras semanas do mês de abril, ou seja, até 15/04/2014, o problema foi intensificado.

As Figuras 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61 e 62 apresentam fotografias das fissuras ocorridas no pavimento industrial de concreto.



Figura 53 – Fissura transversal à junta serrada

Fonte: Acervo do grupo



Figura 54 – Fissura transversal à junta serrada

Fonte: Acervo do grupo



Figura 55 – Fissura transversal à junta serrada
Fonte: Acervo do grupo



Figura 56 – Fissura acompanhando a junta
Fonte: Acervo do grupo



Figura 57 – Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto
Fonte: Acervo do grupo



Figura 58 – Fissura próxima à canaleta
Fonte: Acervo do grupo



Figura 59 – Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto
Fonte: Acervo do grupo



Figura 60 – Fissura ao longo do pavimento industrial de concreto
Fonte: Acervo do grupo



Figura 61 – Fissura e desnível ao longo do pavimento industrial de concreto
Fonte: Acervo do grupo



Figura 62 – Fissura acompanhando a junta
Fonte: Acervo do grupo

4.2. PROJETO X EXECUÇÃO

Com objetivo de avaliar a as características do concreto usinado fornecido, foram extraídos 06 testemunhos de concreto do pavimento. Os mesmos foram

levados para laboratório, preparados e submetidos ao ensaio de compressão axial (seguindo desta vez a ABNT NBR 5739). O laudo de rompimento dos CP's extraídos é ilustrado pela Figura 63.

CP	Idade de rompimento (dias)	Peso (Kg)	Área (mm ²)	Carga (N)	Fator de correção	Resistência (MPa)	Tipo de ruptura
F-01	> 28 dias	2,26	7.854	317.618,0	0,90	36,4	Cisalhada
F-02	> 28 dias	2,66	7.854	235.690,0	0,94	28,2	Cisalhada
F-03	> 28 dias	2,50	7.854	240.492,0	0,91	27,9	Cisalhada
F-04	> 28 dias	3,20	7.854	303.016,0	0,98	37,8	Cisalhada
F-05	> 28 dias	3,50	7.854	344.568,0	0,99	43,4	Cisalhada
F-06	> 28 dias	3,06	7.854	250.782,0	0,97	31,0	Cisalhada
Resistência média à compressão-fbm						34,1	MPa
Resistência característica estimado da amostra-fbk,est						25,1	MPa
Fb1 x Y ₆						24,8	MPa
Resistência característica da amostra - fbk amostra						25,1	MPa

Os resultados contidos neste documento se aplicam somente à mostra analisada.

A reprodução do documento só poderá ser feita integralmente e sem nenhuma alteração.

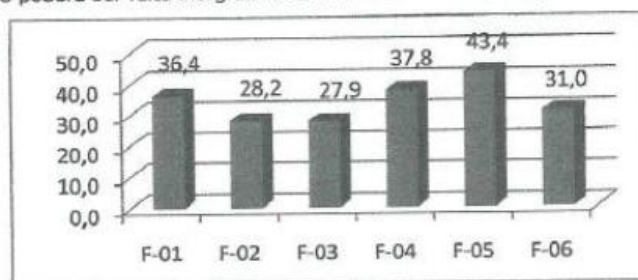


Figura 63 – Laudo de rompimento dos CP's extraídos ***

Fonte: Coleta de dados – empresa contratante

*****OBS: O laudo apresenta os resultados dos corpos de prova extraídos de diâmetro igual a 10 centímetros, denominando-os equivocadamente como fbk,est, fb1 e fbk. Corrigindo a informação, ao tratar-se de corpos de prova cilíndricos, suas denominações devem ser fck,est, fc1 e fck, respectivamente.**

Além da extração de testemunhos de concreto para ensaios de rompimento à compressão axial, foi coletada uma amostra do concreto aplicado no pavimento industrial e desenvolvida a reconstituição de dosagem.

Este processo consiste na redução do concreto endurecido (moagem) e na queima do material pulverulento gerado. Dessa forma, calcula-se quais

materiais/compostos e os teores dos mesmos perdidos na queima, relacionando-os com o material não-volátil, após resfriamento. Dessa forma, é possível calcular a relação entre aglomerante/agregado e a quantidade de cimento total presente no concreto. As Figuras 64, 65 e 66 ilustram a amostra de concreto coletada e o concreto após ser moído.



Figura 64 – Amostra de concreto coletada para reconstituição de traço
Fonte: Laudo pericial



Figura 65 – Amostra de concreto reduzida
Fonte: Laudo pericial



Figura 66 – Amostra de concreto coletada moída em frações mínimas
Fonte: Laudo pericial

De acordo com os resultados da reconstituição de traço, o concreto foi dosado com 380 kg de cimento e 80 g de microfibras de polipropileno por metro cúbico do composto. A Tabela 5 compara os resultados obtidos em ensaios, e as solicitações tanto de projeto quanto do setor de compras da empresa.

Tabela 5 - Análise dos resultados obtidos versus solicitado

Parâmetros	Projetado	Solicitado	Entregue
Resist. à compressão	$f_{ck} \geq 30,0 \text{ MPa}$	$f_{ck} \geq 30,0 \text{ MPa}$	$f_{ck,est} = 25,1 \text{ MPa}$
Consumo de cimento	Entre 330 e 390 kg/m ³	400 kg/m ³	380 kg/m ³
Tipo de fibra	Macrofibra de aço	Microfibra de polipropileno	Microfibra de polipropileno
Consumo de fibra	20,0 kg/m ³	0,20 kg/m ³	0,08 kg/m ³

4.3. AVALIAÇÃO GERAL DO PROBLEMA (DIAGNÓSTICO)

De acordo com o detalhamento da metodologia de aplicação do pavimento industrial de concreto e das análises comparativas entre o material solicitado e o material realmente aplicado, fica extremamente claro que a causa das fissuras de retração ocorridas no pavimento industrial da concessionária em questão, foi a falta de um agente controlador de retrações.

No caso específico do pavimento estudado, todas as placas do pavimento industrial de concreto foram calculadas com adição de 20,0 kg da macrofibra metálica, que por suas características específicas, substituiriam a armação das placas. A dosagem do concreto foi feita de forma equivocada, adicionando no lugar das macrofibras metálicas, microfibras de polipropileno que, conforme estudado anteriormente, não possuem nenhuma função estrutural. Consequentemente não podem substituir a armação metálica de pavimentos industriais de concreto.

Além da troca de produtos estruturais importantíssimos para o bom desempenho do pavimento industrial, a dosagem de concreto foge dos parâmetros como consumos máximos de aglomerantes, consumo máximo de água e teores preferenciais de argamassa. Todas as variações mencionadas, são motivos de aumento da movimentação indesejada de água, no interior do concreto. Causando exsudação, segregação e fortes retrações, em idades iniciais e posterior ao endurecimento do concreto.

5. CONCLUSÃO

5.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os problemas técnicos ocorridos na aplicação do concreto do pavimento industrial foram relacionados anteriormente. Porém, quais as causas que levaram à esses erros técnicos?

É comum que pequenos detalhes como divergências na comunicação ou até a falta dela, por exemplo, resultem em graves consequências. A falta de mão de obra ou deficiência da mesma, em campo ou em áreas menos práticas, é uma realidade na maioria das regiões do país. Dificuldade em encontrar insumos de qualidade para fabricação de concreto, problemas de transporte e a falta de equipamentos, são alguns dos desafios encontrados.

Em contra partida, julgamos que não se pode cobrar total eficiência de um colaborador, sem o mesmo sequer ter recebido treinamento qualificado para assumir devida função. Não se pode questionar a qualidade de fornecimento das matérias-primas, ou problemas nas aquisições de equipamentos, se um bom planejamento não foi feito antes do início das atividades.

O grupo de estudo acredita que o problema técnico discutido arduamente foi causado por algumas dessas pequenas dificuldades citadas, como:

- Erros simples na troca informações, como e-mails, por exemplo, que levaram à aplicação de um concreto muito divergente daquele projetado para o pavimento industrial;
- Falhas no recebimento dos caminhões, que possibilitaram a aceitação de concretos dosados e nomeados de formas diferentes (vide várias notas com resistências, nomenclaturas e abatimentos diferentes, recebidos e aplicados no mesmo dia de concretagem);

- Falta de informação do comprador no momento da aquisição das fibras, e não especificação da fibra estrutural;
- Falta na comunicação interna, onde o responsável pelo acompanhamento das aplicações não tinha acesso ao traço de concreto projetado ou aos detalhamentos do mesmo (sem argumentos para questionar a aplicação do concreto sem utilização de armação ou reforço de fibras estruturais), etc.

5.2. SUGESTÕES PARA RECUPERAÇÃO DO PAVIMENTO INDUSTRIAL DE CONCRETO

O grupo de estudo considera duas opções de reparo para o pavimento industrial de concreto estudado:

- A primeira consiste na colmatação das fissuras com aplicação de material cimentício, e execução de um novo pavimento industrial de concreto sobre o anterior. Este novo pavimento deverá ser executado de acordo com devido projeto estrutural. Ressalta-se que ambos os pavimentos deverão movimentar-se de forma independente, evitando assim tensões diferenciais em suas intercessões.
- A outra opção consiste na demolição do pavimento degradado e reconstrução do mesmo, seguindo todas as orientações do projetista estrutural, bem como acompanhamento técnico de profissionais qualificados desde a aquisição dos insumos à entrega da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023 – Informação e Documentação: Referência- Elaboração.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos.** Rio de Janeiro, 2001.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7197: Projeto de estruturas de concreto protendido.** Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207 – 1982 – Terminologia e classificação de pavimentação.** Rio de Janeiro, 1982.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7580 – 1982 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2011.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768 – 2011 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2011.

AGUIAR, J. E. **Durabilidade, Proteção e Recuperação de Estruturas.** Belo Horizonte: UFMG, 2000.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE: **Guide for Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302. 1R-04).** Michigan, 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL. **Agregados para a construção civil.** Disponível em <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/07/DNPM2009.pdf>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimento de concreto – Práticas recomendadas. vol.1, vol.2, vol.3, vol.4, vol.5.** São Paulo, ABCP. Disponível em <<http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml>>

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO. **Mídia Institucional 2009.** Disponível em: <http://www.anapre.org.br/cd2009/anapre_final.html>

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEMPENHO. **Mídia Institucional 2009.** Disponível em: <http://www.anapre.org.br/boletim_tecnico/edicao16.asp>

CARVALHO, M. D. & PITTA, M. R. **Pisos Industriais de concreto. Parte 1: Dimensionamento de Pavimentos de Concreto Simples.** ABCP, 1989.

CHODOUNSKY, M. A. **Pisos Industriais de Concreto: aspectos teóricos e construtivos.** São Paulo, Reggenza, 2007.

CRISTELLI, R. **Pavimentos Industriais de Concreto – Análise do Sistema Construtivo.** Belo Horizonte, UFMG, 2010.

FITNESA. **Boletim Técnico 2002.** Disponível em: <<https://www.impercia.com.br/tecnologias>>

FRANCO *et. al*, J. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto.** São Paulo: Rehabilitar, 2003.

HELENE, P. **Concreto de Cimento Portland.** In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo, IBRACON, 2007.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Disponível em: < <http://www.cptec.inpe.br/>>

GRANATO, J. E. **Material aula Instituto IDD 2014.** Belo Horizonte 2014

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO – IBI. **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central – 1ª edição.** São Paulo, 2013.

LPE ENGENHARIA. **Mídia Institucional.** Disponível em: <<http://www.mundodoconcreto.com.br/html/servicos.html>>

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008.

MUNDO DO CONCRETO. **Glossário Técnico**. Disponível em: <<http://site.lpe.eng.br>>

RODRIGUES, P. P. F. *et. al.* **Manual Gerdau de Pisos Industriais**. Ed. PINI, 1^a ed., São Paulo, 2006.

RODRIGUES, P. P. F. **Projetos e critérios executivos de pavimentos industriais de concreto armado**. ITBS, 2^a ed., São Paulo, 2006.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. São Paulo: Pini, 2005.

ULBRA MUSEU DE CIÊNCIAS NATURAIS. **Mineralogia**. Disponível em: <www.ulbra.br/mineralogia>

ANEXO A

Com objetivo de exemplificar a interferência da temperatura/clima no processo de reação dos concretos aplicados, desenvolveu-se um estudo de calorimetria em pastas de cimento, mantidas em temperaturas diferentes.

A.1. CALORIMETRIA SEMI-ADIABÁTICA

Sabe-se que as reações de hidratação do cimento são exotérmicas, ou seja, liberam calor. O ensaio de calorimetria, em regime semi-adiabático, consiste em avaliar a variação de temperatura, em função do tempo decorrido das reações de hidratação iniciais do cimento.

Além de mensurar o início e fim das reações, a calorimetria também possibilita avaliar o pico máximo da liberação de calor ocorrido durante a reação.

A.2 METODOLOGIA DE ENSAIO

Buscando simular regiões de climas extremamente diferentes, foram medidas as variações de temperatura em pastas de cimento mantidas dentro da geladeira (temperatura interna média de 5°C), em temperatura ambiente média de 23°C e mantida dentro da estufa (temperatura interna média de 38°C).

Utilizou-se um único lote do cimento CP V-ARI MAX Nacional como aglomerante, dividido em 3 amostras de 600 gramas cada. As amostras foram misturadas por equipamento padrão junto à 240 gramas de água (relação a/c 0,40).

Além das misturas de cimento e água citadas, foram avaliadas também outras 2 amostras de pasta de cimento (com mesma proporção) dentro da geladeira e da estufa, adicionadas de 0,70% sobre a massa de cimento do aditivo polifuncional base lignosulfonato – Tecmult 829 SPX, fornecido pela Grace Constructions.

A figura abaixo ilustra o ensaio descrito:



Disposição dos aparelhos medidores em ambiente normal, geladeira e estufa
Fonte: Acervo do grupo

O aparelho utilizado para o ensaio disponibiliza 8 canais de leitura, quais foram divididos da seguinte forma:

1. Pasta de cimento em temperatura ambiente;
2. Canal aberto em temperatura ambiente;
3. Pasta de cimento mantida dentro da geladeira;
4. Canal aberto mantido dentro da geladeira;
5. Pasta de cimento mantida dentro da estufa;
6. Canal aberto mantido dentro da estufa;
7. Pasta de cimento + aditivo mantida dentro da geladeira;
8. Pasta de cimento + aditivo mantida dentro da estufa.

A.3 RESULTADOS

A Tabela 6 e o Figura 67 apresentam os resultados obtidos no ensaio.

Tabela 6 – Resultados obtidos

Canal	Aglomerante	Água	Aditivo	Início de reação	Final de reação	Temperatura máxima
1	600 g	240 g	0 g	402 min	825 min	42,3°
2	600 g	240 g	0 g	120 min	200 min	75,3°
3	600 g	240 g	0 g	60 min	113 min	93,1°
4	600 g	240 g	4,2 g	2550 min	3711 min	37,5°
5	0 g	0 g	0 g	0 min	0 min	5,0°
6	0 g	0 g	0 g	0 min	0 min	23,4°
7	0 g	0 g	0 g	0 min	0 min	38,0°
8	600 g	240 g	4,2 g	720 min	1086 min	87,6°

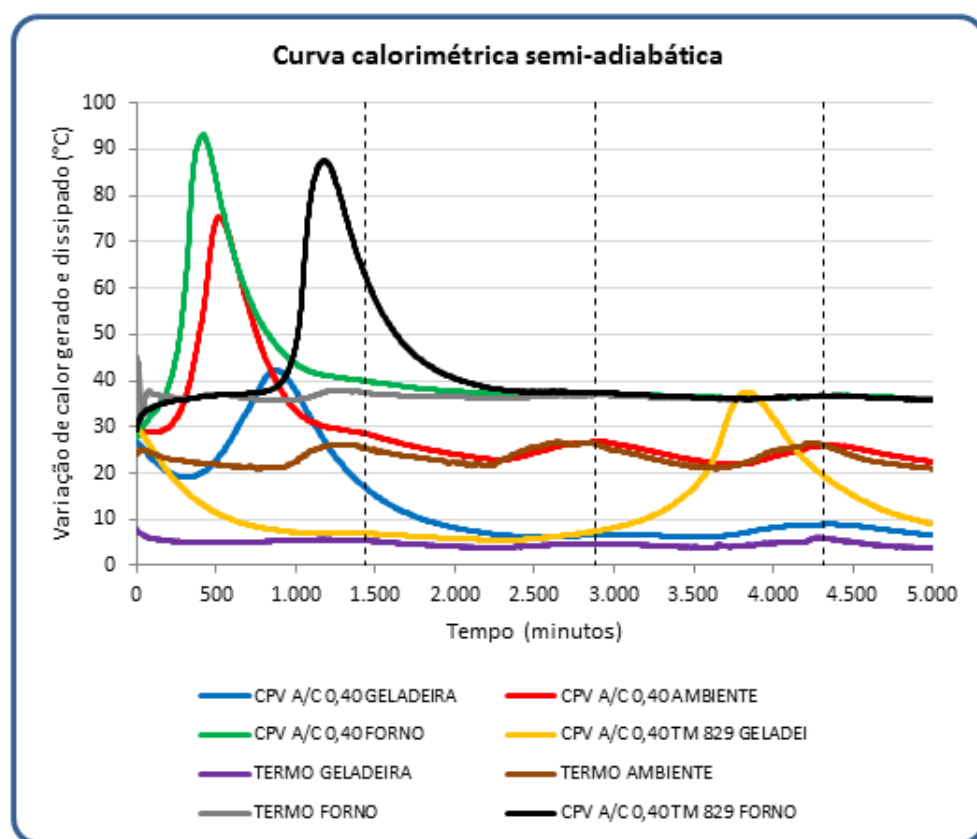


Figura 67 – Variação de temperatura em função do tempo
Fonte: Acervo do grupo

ANEXO B

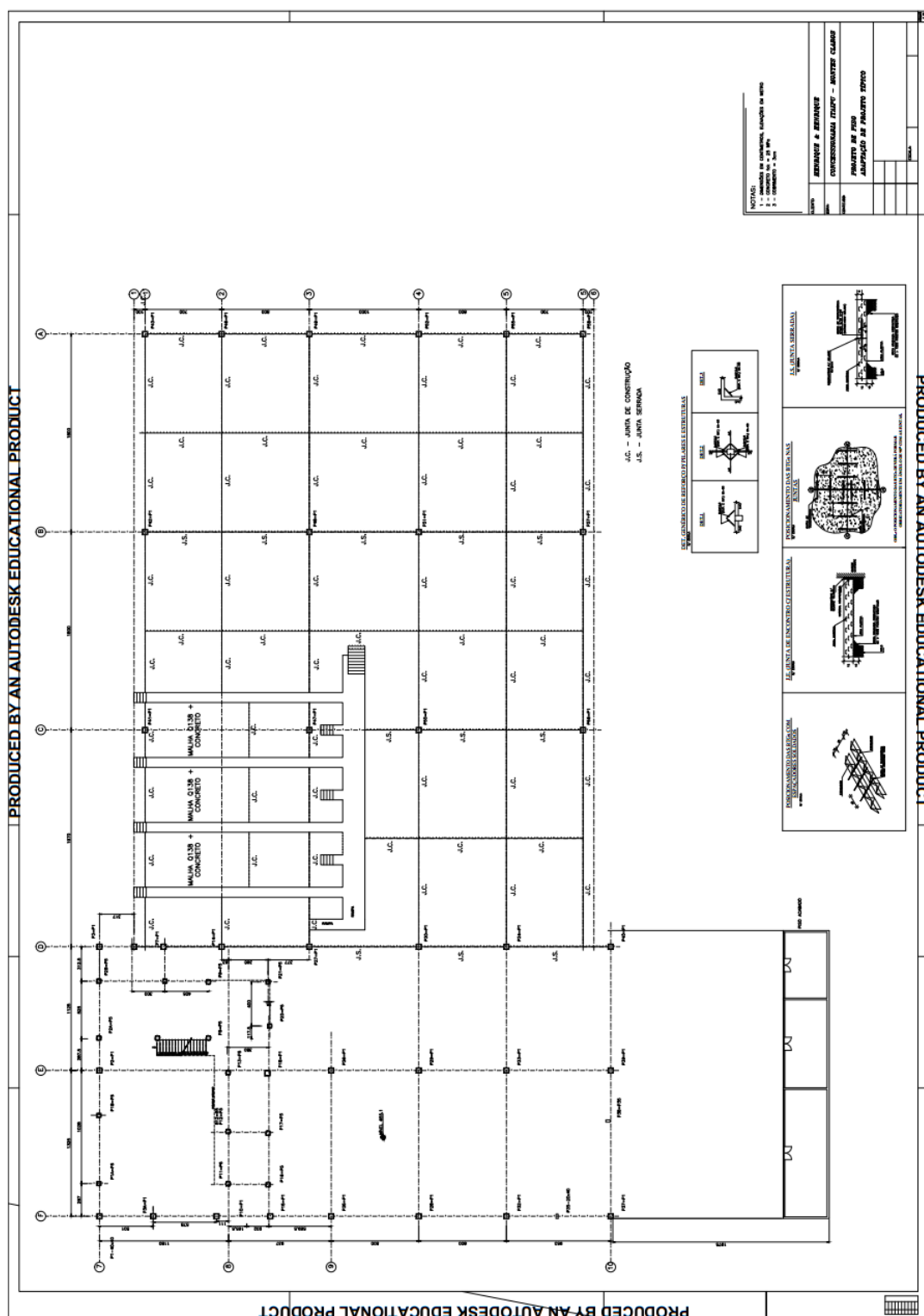


Figura 68 – Projeto do piso industrial de concreto da concessionária de máquinas e veículos pesados na cidade de Montes Claros – MG

Fonte: Acervo do grupo