



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**PATOLOGIAS DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DO EDIFÍCIO DO HOSPITAL GERAL
JOSÉ MACAMO – CAUSAS E PROPOSTA DE TRATAMENTO**

Nome do Autor:

Hédio Salomão Nhaca

Supervisor:

Eng^o. Rogério Pave (Professor Auxiliar)

Eng^o. Irchade Gafur (CANOL – Construções)

Maputo, Janeiro de 2025

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**PATOLOGIAS ESTRUTURAIS DO EDIFÍCIO DO HOSPITAL GERAL JOSÉ MACAMO –
CAUSAS E PROPOSTA DE TRATAMENTO**

Nome do Autor:

Hédio Salomão Nhaca

Supervisor:

Eng^o. Rogério Pave (Professor Auxiliar)

Eng^o. Irchade Gafur (CANOL – Construções)

Maputo, Janeiro de 2025



TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____

Entregou no dia ___/_____/20__ às ___ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: _____

intitulado: _____

Maputo, aos ___/_____/2025

(Chefe de secretaria)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, esposa e irmãos.

“Que isso fique escrito para que os nossos descendentes saibam o que o SENHOR Deus fez e para que o louvem aqueles que ainda vão nascer!”

Salmos 102:18 | NTLH

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar, a Deus pela Sua maravilhosa graça que se tem manifestado durante todo este percurso;

Aos meus pais e meus irmãos pelo apoio e amor incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica;

À minha esposa, que mesmo chegando ao final desta trajetória, fez uma grande diferença, me apoiando em todos os momentos, e pelo companheirismo, amizade e paciência o tempo todo;

Ao supervisor, Rogério Pave, por toda paciência, empenho, correções e ensinamentos que permitiram à realização deste trabalho Licenciatura;

Ao co-supervisor, Irchade Gafur, pelo apoio, ensino, conselhos, paciência e acompanhar nas actividades do estágio profissional na elaboração deste trabalho;

À todos colaboradores da CANOL – Construções, que me receberam e trataram com respeito e carinho;

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia Civil, pelos conhecimentos e competências que transmitiram ao longo deste percurso académico, que culminaram na elaboração deste relatório;

Aos meus amigos e colegas, pelo companheirismo, força, apoio em todos os momentos.

RESUMO

Actualmente, tem se notado um crescimento elevado da construção civil e o betão armado continua sendo uma das soluções construtivas mais utilizadas. É consensual, sobre ponto de vista económico como em termos de sustentabilidade ambiental, estender-se a vida útil das estruturas. Para o efeito, recorre-se a manutenção das estruturas. A falta de manutenção como também outras causas naturais ou acidentes, podem levar a aparição de várias manifestações patológicas. As manifestações patológicas trazem desconforto ao usuário, cliente e mesmo o construtor pelo facto de ser dispendioso a sua correcção e também torna mais inseguro ao usuário a medida que vai se alastrando as anomalias da edificação.

No âmbito da reabilitação, não ter em conta as causas da manifestação patológica é um trabalho vazio e de pouca duração.

O presente relatório apresenta o levantamento das patologias a nível estrutural do Edifício do Hospital Geral José Macamo, suas causas e a proposta do seu tratamento.

Apresenta-se as causas das patologias estruturais identificadas baseando no diagnóstico aplicando-se via empírica, excepto num dos casos que o projecto de reabilitação incluía um diagnóstico via científica.

Apresenta-se a proposta do tratamento das patologias encontradas comparando com o que foi realizado durante a reabilitação, onde são descritas rigorosamente as reparações que deverão ser levadas a cabo, enunciando algumas marcas comerciais mais adequadas bem como técnicas de execução.

PALAVRAS-CHAVE: Betão, Patologias Estruturais, Causas das Patologias e Tratamento

ABSTRACT

Currently, there has been significant growth in civil construction and reinforced concrete continues to be one of the most widely used construction solutions. It is consensual, from an economic point of view as well as in terms of environmental sustainability, to extend the useful life of structures. To this end, structural maintenance is used. Lack of maintenance, as well as other natural causes or accidents, can lead to the appearance of various pathological manifestations. Pathological manifestations cause discomfort to the user, client and even the builder because they are expensive to correct and also make it more insecure for the user as the anomalies in the building spread.

In the context of rehabilitation, not taking into account the causes of the pathological manifestation is empty and short-lived work.

This report presents a survey of structural pathologies in the Hospital Geral José Macamo Building, their causes and the proposed treatment.

The causes of the structural pathologies identified are presented based on the diagnosis applied empirically, except in one of the cases where the rehabilitation project included a scientific diagnosis.

The proposed treatment of the pathologies found is presented, comparing it with what was carried out during rehabilitation, where the repairs that should be carried out are rigorously described, listing some of the most suitable commercial brands as well as execution techniques.

KEYWORDS: Concrete, Structural Pathologies, Causes of Pathologies and Treatment

ÍNDICE	
DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	X
SIGLAS	XI
SIMBOLOS	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Empresa de acolhimento.....	2
1.3. Objectivos	3
1.3.1. Objectivo geral	3
1.3.2. Objectivos específicos	3
1.4. Metodologia	3
2. PATOLOGIAS ESTRUTURAIS DOS EDIFÍCIOS	4
2.1. Generalidade.....	4
2.2. Causas da deterioração das estruturas	5
2.3. Manifestações de patologias de origem estrutural de acordo com suas causas	8
2.3.1. Fissuras, Trincas, Rachaduras e Fendilhação.....	8
2.4. Principais manifestações patológicas dos elementos estruturais.....	10
2.4.1. Fissuras causadas por falhas nos detalhes construtivos	10
2.4.2. Fissuração por retração de betão	13
2.4.3. Fissuras pela corrosão de armadura	14
2.4.4. Fissuras pela deformação excessiva da estrutura	17
2.4.5. Fissuras causadas por movimentações térmicas (variação de temperatura).....	19
2.4.6. Fissuras causadas por recalque diferencial de fundações	22
2.5. Humidade.....	25
2.6. Eflorescências e criptoflorescências.....	26
2.7. Perda de aderência	27
3. DETALHES DO DE PROJECTO DE ARQUITECTURA E DE ESTRUTURA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO	28
3.1. Localização do Edifício	28
3.2. Descrição do Edifício	29
3.2.1. Edifício de Bloco Operatório	30

3.2.2.	Edifício da Enfermaria de Ginecologia	31
3.2.3.	Edifício Principal	32
4.	IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS NO EDIFÍCIO DO HOSPITAL GERAL JOSÉ MACAMO E PROVÁVEIS CAUSAS	34
4.1.	Patologia causada pela movimentação térmica	34
4.2.	Fissuras devido a corrosão de armadura e descasque de recobrimento.....	39
4.3.	Fissuras devido a deformação excessiva das vigas	42
4.4.	Infiltrações de humidade nas paredes e tecto	45
5.	PROPOSTA DE TRATAMENTO DE PATOLOGIAS	47
5.1.	Fissuração devido a movimentação térmica.....	47
5.2.	Infiltrações de humidade nos elementos estruturais.....	49
5.3.	Fissuras devido a corrosão de armadura e descasque de revestimento	50
5.4.	Fissuração devido a deformação excessiva de elementos estrutura.....	53
6.	CONCLUSÃO	58
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
8.	ANEXOS	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Posicionamento incorrecto de armadura na laje em consola	10
Figura 2. Comparação entre diferentes tipos de detalhamento de armadura (Souza & Ripper, 2009).....	11
Figura 3. Detalhamento de armaduras em consolas curtas	11
Figura 4. Insuficiência de comprimento de amarração	12
Figura 5. Fissuração por deficiência de armaduras para combate aos momentos volventes, na face da laje	12
Figura 6. Fissuração por deficiência de armaduras para combate aos momentos volventes, na face superior da laje	12
Figura 7. Fissuração por flexão, devida à insuficiência de armadura para os momentos positivos. As fissuras surgem na face inferior.....	12
Figura 8. Fissuração de flexão, devida à insuficiência de armadura para momentos negativos. As fissuras surgem na face superior	12
Figura 9. Fissuras de retracção em vigas.....	13
Figura 10. Fissuras retracção em lajes.....	14
Figura 11. Corrosão nas armaduras de uma laje. Fonte: (Gonçalves, 2015)	16
Figura 12. Penetração do agente através da porosidade do betão. Fonte: (Gonçalves, 2015)	16
Figura 13. Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma mais que o elemento superior.....	18
Figura 14. Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma menos que o elemento superior.....	18
Figura 15. Configuração de fissura quando o elemento de apoio e o elemento superior se deformam igualmente.....	19
Figura 16. Configurações diversas de fissuras em alvenaria com aberturas	19
Figura 17. Fissura vertical por movimentação térmica da laje (Magalhães, 2004)	20
Figura 18. Formação de fissuras horizontais devido à variação de temperatura (Richter, 2007)	21
Figura 19. Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura	22
Figura 20. Fissuras de destacamento por movimentação térmica da estrutura de Betão armado (Magalhães, 2004).....	22
Figura 21. Assentamento de estrutura de betão armado em pórticos	24

Figura 22. Fissuras devido ao assentamento de fundação (Silva L. B., 2013).....	25
Figura 23. Causas de manchas em uma edificação.....	26
Figura 24. Formação de eflorescências e criptoflorescências.....	27
Figura 25. Localização do HGJM (Adaptada do Google Maps).....	28
Figura 26. Localização do HGJM.....	28
Figura 27. Divisão dos Edifício do HGJM.....	29
Figura 28. Planta da Cave do BO.....	31
Figura 29. Planta do Rés-do-chão do BO.....	31
Figura 30. Planta de EG.....	32
Figura 31. Plana Rés-do-chão do EP.....	34
Figura 32. Planta do Piso Tipo EP.....	34
Figura 33. Fissura de descolamento as alvenarias e o reticulado estrutura.....	35
Figura 34. Fissura oblíqua (45°) e horizontal.....	35
Figura 35. Fissuras horizontais.....	35
Figura 36. Localização em planta das fissuras devido a variação de térmica (EG).....	36
Figura 37. Localização em planta das fissuras devido a variação de temperatura (Cave de BO).....	36
Figura 38. Fissura na laje da cobertura.....	37
Figura 39. Fissura na laje da Cobertura.....	37
Figura 40. Fissura na laje da cobertura.....	37
Figura 41. Localização em planta da fissura na laje.....	38
Figura 42. Fissura no revestimento.....	39
Figura 43. Fissura no revestimento.....	39
Figura 44. Corrosão de armadura.....	39
Figura 45. Possível esmagamento da viga.....	39
Figura 46. Descamação superficial com exposição das armaduras.....	40
Figura 47. Descamação superficial com exposição das armaduras.....	40
Figura 48. Recobrimento insuficiente.....	41
Figura 49. Recobrimento insuficiente.....	41
Figura 50. Localização em planta da fissura.....	41
Figura 51. Localização em planta da patologia representada nas Figura 46 e Figura 47.....	42
Figura 52. Localização da Patologia representada nas Figura 48 e Figura 49.....	42
Figura 53 Fissuras horizontais entre a viga e a alvenaria e verticais entre o pilar e parede de alvenaria.....	43

Figura 54. Fissuras verticais no encontro entre as duas paredes de alvenarias	43
Figura 55. Detecção do pórtico na zona fissurada alinhamento E.....	43
Figura 56. Detecção de falta de pilar e esmagamento de parede no Rés-do-chão do BO (E1).....	43
Figura 57. Detecção da ausência do pilar e o esmagamento da parede na Cave do BO (E2).....	44
Figura 58. Esmagamento entre a parede e a viga G2 (viga apoiada à parede sem pilar). 44	
Figura 59. Inexistência de pilar no canto G8	44
Figura 60. Localização em planta das patologias das figuras n ^{os} 55 - 59	45
Figura 61. Eflorescência e criptoflorescências na parede	46
Figura 62. Empolamento da pintura	46
Figura 63. Mancha de humidade	46
Figura 64. Localização em planta da patologia (Rés-do-chão, EP).....	46
Figura 65. Localização em planta da patologia (1 ^o Andar, EP)	47
Figura 66. Fases de execução de produto da Sika	51
Figura 67. Dimensionamento da viga/lintel.....	51
Figura 68. Esforços actuantes na viga/lintel	52
Figura 69. Pórtico de reforço ao alinhamento E	53
Figura 70. Esforços actuantes no pórtico	53
Figura 71. Passagem do pilar P1E pela laje da cave	55
Figura 72. Execução das malhas de sapatas, viga de equilíbrio e pilares	55
Figura 73. Betonagem de sapatas e viga de equilíbrio.....	56
Figura 74. Dimensionamento do reforço do alinhamento G	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Causas intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de betão (Souza & Ripper, 2009)	6
Tabela 2. Causas extrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de betão (Souza & Ripper, 2009)	7
Tabela 3. Fissuras, trincas e rachadura	9
Tabela 4. Recobrimento mínimo das armaduras	15
Tabela 5. Valores limites de assentamentos, sugeridos por vários pesquisadores.....	23
Tabela 6. Compartimentos do Edifício do BO.....	30
Tabela 7. Compartimentos do Edifício da EG.....	32
Tabela 8. Compartimentos do EP.....	33

SIGLAS

HGJM – Hospital Geral José Macamo

EG – Enfermaria de Ginecologia

BO – Bloco Operatório

ED – Edifício Principal

LEM – Laboratório de Engenharia de Moçambique

SIMBOLOS

f_{cd} – Valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão;

f_{syd} – Valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% à tracção do aço das armaduras ordinárias;

\emptyset – Diâmetro

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

As obras de construção civil são apropriadas para as utilizações e exigências a que foram projectadas, para que possam atender as actividades humanas, sejam elas comerciais, industriais, ou para uso residencial. Elas não são eternas, já que com o passar do tempo se deterioram e, além disso, há o agravante de erros de projectos, má execução, má utilização e a inexistência de uma manutenção periódica, podendo gerar diversos tipos de patologias.

Segundo (Silva D. F., 2016), patologia é parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e origem dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é mais complexo, sendo necessário verificar o projecto, investigar as cargas que foram submetidas à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente.

As patologias são expressas na forma de “manifestações patológicas” em estruturas de betão armado, e podem afectar a qualidade do projecto, reduzindo a resistência à ruptura, a vida útil da estrutura e a capacidade de suportar as influências externas.

O Betão é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo composto basicamente pela mistura de pedras naturais, areia, cimento e água, como também pode se adicionar aditivos químicos. Ao se adicionar o aço no betão, forma-se o betão armado. Este tipo de material foi criado com a necessidade de se aliar as qualidades do betão (resistente à compressão) com as do aço (resistente a tracção), proporcionando à estrutura maior resistência e durabilidade.

Porém quando é usado sem a devida precaução gera diversas manifestações patológicas, tais como: fissuras, trincas, corrosão, desagregação, eflorescência, manchas, muitas vezes causadas por materiais de má qualidade, uso inapropriado da estrutura, erros de projectos ou por má execução como referido anteriormente.

Por isso foram realizados ao longo dos anos vários estudos sobre patologias e estabeleceu-se diagnósticos com equipamentos mais sofisticados na procura de soluções que conduzam à eliminação dessas patologias em reabilitações e manutenção. É de realçar que, a falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de reabilitação, evoluam para situações de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de reabilitação. Quanto antes for diagnosticado um problema, melhor.

Segundo (Correia, 2014), para se chegar ao diagnóstico aplica-se a via empírica, realizada com base na experiência do especialista que procede ao estudo (resolução do problema a partir de outros casos resolvidos com sucesso e com o conhecimento integral dos processos construtivos e entendimento do seu comportamento e relação com a envolvente); Via científica, realizada com base a modelações matemáticas e físicas, à experimentação in situ ou em laboratório e/ou na combinação das duas vias.

Neste sentido, o presente relatório de estágio visa identificar as patologias estruturais do Edifício do Hospital Geral José Macamo, suas causas e indicação da melhor forma do seu tratamento, baseando-se na via empírica, dada a falta de equipamentos para o efeito.

Para este feito, foi realizado o estágio na empresa CANOL – Construções, EI. onde o estagiário fez:

- Acompanhamento de trabalhos realizados na obra;
- Análise dos trabalhos executados, detecção de erros, incongruências ou omissões;
- Análise da obra, detecção de patologias, suas causas e as possíveis propostas do seu tratamento.

1.2. Empresa de acolhimento

O estágio profissional foi concedido pela empresa CANOL – Construções, EI. sob a supervisão do Engenheiro Irchade Gafur, director de obra.

A CANOL – Construções, EI. é uma empresa Moçambicana, situada na Av. Romão F. Farinha n.º 919 R/C. A empresa foi registada no Terceiro Cartório Notarial da Cidade de Maputo no ano 1987.

A empresa oferece os seguintes serviços:

- Construção Civil;

- Execução de Conduitas de Abastecimento de água, tanto para ramais principais, bem assim os secundários;
- Construção de depósitos tanto apoiados, assim como elevados, em betão armado ou plástico;
- Execução de Ligações domiciliárias, com tubagem uPVC;
- Construção de fontanários públicos;
- Obras de Urbanização;
- Obras Hidráulicas;
- Instalações Eléctricas e de Comunicações;
- Fundações e Captações de água;
- Vias de Comunicação;
- Importação e venda de Materiais de construções;
- Transporte de Mercadorias.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

- O objectivo principal deste presente trabalho é identificar as patologias estruturais existente no Edifício do Hospital Geral José Macamo, identificar as suas origens e as melhores formas do seu tratamento.

1.3.2. Objectivos específicos

- Identificar as patologias estruturais existentes no Edifício do HGJM;
- Estudar as causas para o seu aparecimento;
- Estudar as propostas do seu tratamento;
- Escolher os materiais, equipamentos e técnicas de execução.

1.4. Metodologia

O desenvolvimento do presente trabalho, recorreu-se a seguinte metodologia:

- Acompanhamento presencial da obra;
- Pesquisas e consultas bibliográficas sobre patologias de edifícios;
- Inspeção visual dos edifícios com a identificação das patologias que os mesmos apresentam;
- Levantamento fotográfico das patologias estruturais que os edifícios em estudo apresentam;

- Descrição detalhada de patologias estruturais que se observam nos edifícios em estudo, bem como a sua identificação em planta;
- Estudo das causas prováveis para o aparecimento das patologias estruturais observadas;
- Estudo de propostas de reabilitação adequadas para a correcção das patologias encontradas;
- Estudo das técnicas de execução que deverão ser adoptadas face a cada situação;
- Registo fotográfico dos processos de reparação na obra (quando possível), em comparação com as pesquisas realizadas.

2. PATOLOGIAS ESTRUTURAIS DOS EDIFÍCIOS

2.1. Generalidade

Patologia é uma palavra derivada etimologicamente do grego pathos, que significa doença e por logos, que significa estudo (Amaral, 2019). Em suma, Patologia é o estudo de doenças.

Nos edifícios, ao longo de vida útil, notam-se manifestações que venham a prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes).

Estas manifestações podem ser originadas no próprio edifício, devido a erros de projecto ou execução, resultantes da acção do tempo (deterioração, danificação), ou provocadas pela alteração de circunstâncias externas que originam um maior grau de exigência ou expectativa (Ferreira J. A., 2010).

As patologias podem ser divididas em dois grandes grupos:

- As não estruturais que são aquelas que podem resultar numa deterioração estética no edifício; e
- As estruturais que derivam de problemas relacionados com a concepção estrutural do edifício e/ou má execução. Não obstante que algumas manifestações de patologias a nível estrutural podem causar deterioração estética, porém exigem um tratamento especializado para dar maior tempo de vida útil possível ao edifício.

Das patologias não estruturais, são de se destacar as seguintes:

- Patologias devido à presença de humidade (águas superficiais ou freáticas);
- Fendilhação sem função estrutural;
- Envelhecimento e degradação dos materiais não estruturais;
- Desajuste face a determinadas exigências;

Segundo (Correia, 2014) as patologias estruturais dizem respeito aos fenómenos patológicos que afectam a componente estrutural resistente de um edifício, sendo que as vezes, quando se trata do seu comportamento, torna-se difícil fazer a separação da estrutura do resto do mesmo pois muitas das patologias estruturais afectam elementos não estruturais causando danos nestes.

Segundo (Sousa, 2016), as causas geradoras de patologias de origem estrutural são:

- Deficiência de projecto ou de execução;
- Alterações estruturais e das condições de utilização;
- Alterações sofridas pelos materiais estruturais.

2.2. Causas da deterioração das estruturas

Antes de se recorrer ao remédio necessário para a doença é necessário se conhecer as possíveis causas dessa doença.

Segundo (Souza & Ripper, 2009), o conhecimento das origens da deterioração é indispensável, não apenas para que se possa proceder aos reparos exigidos, mas também para se garantir que, após reparada, a estrutura não volte a se deteriorar.

As causas de deterioração dos elementos estruturais se dividem em dois grandes grupos:

- Causas intrínsecas – são aquelas que têm sua origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização das obras, por falhas humanas durante a construção, por falhas humanas durante a utilização ou por causas naturais (Tabela 1);

Tabela 1. Causas intrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de betão
(Souza & Ripper, 2009)

Causas Intrínsecas		
Falhas humanas durante a construção	Deficiência de betonagem	Transporte
		Lançamento
		Juntas de betonagem
		Adensamento
		Cura
	Inadequação de escoramentos e formas	
	Deficiência nas armaduras	Má interpretação dos projectos
		Insuficiência de armaduras
		Mau posicionamento das armaduras
		Cobrimento de betão insuficiente
		Dobramento inadequado das barras
		Deficiências nas ancoragens
		Deficiências nas emendas
		Má utilização de anticorrosivos
	Utilização incorrecta dos materiais de construção	F_{ck} inferior ao especificado
		Aço diferente do especificado
		Solo com características diferentes
		Utilização de agregados reactivos
		Utilização inadequada de aditivos
		Dosagem inadequada do betão
Inexistência de controle de qualidade		
Falhas humanas durante a utilização	Ausência de manutenção	
Causas naturais	Causas próprias à estrutura porosa do betão	
	Causas químicas	Reacções internas ao betão
		Expansibilidade de certos constituintes do cimento
		Presença de cloretos
		Presença de ácidos e sais

		Presença de anidrido carbónico
		Elevação da temperatura interna do betão
	Causas físicas	Variação de temperatura
		Insolação
		Vento
		Água
	Causas biológicas	Vegetais
		Insectos
		Bolores
		Outros fungos

- Causas extrínsecas – são aquelas que independem do corpo estrutural em si, assim como da composição interna do betão, ou de falhas inerentes ao processo execução, podendo, de outra forma, ser vistas como os factores que atacam a estrutura “de fora para dentro”, durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil desta (Tabela 2).

Tabela 2. Causas extrínsecas aos processos de deterioração das estruturas de betão (Souza & Ripper, 2009)

Causas Extrínsecas	
Falhas humanas durante o projecto	Modelação inadequada da estrutura
	Ma avaliação das cargas
	Detalhamento errado ou insuficiente
	Inadequação ao ambiente
	Incorreção na interacção solo-estrutura
	Incorreção na consideração de juntas de dilatação
Falhas humanas durante a utilização	Alteração estruturais
	Cargas exageradas
	Alteração das condições do terreno de fundação
Acções mecânicas	Choques de veículos
	Recalques de fundação
	Acidentes (acções imprevisíveis)

É de realçar que esse agrupamento apresentado poderá ser extremamente discutível, visto o facto de ser matéria em constante evolução e muito complexa.

2.3. Manifestações de patologias de origem estrutural de acordo com suas causas

Segundo (Lima, 2020), no contexto dos termos técnicos pertinentes à engenharia civil, há uma grande confusão no uso da palavra patologia, tanto entre leigos como no meio técnico ou académico. Manifestação patológica é a expressão que resulta de um mecanismo de degradação e podem ser identificadas com o emprego dos cinco sentidos humanos, enquanto a patologia pode ser definida como a ciência formada por um grupo de teorias consolidadas cujo objectivo é explicar tais mecanismo e a causa da incidência de determinadas manifestações patológicas.

Pode se ter em conta fissuras numa viga, estas fissuras não podem ser consideradas patologias, tem que ser conhecida a razão que leva ao aparecimento da fissura. Podem ser devido a insuficiência de armaduras, flexão, torção, entre outras.

Deste modo, (Lima, 2020) diz que a fissura não é uma patologia, mas sim um sintoma (manifestação patológica) cujo mecanismo de degradação (patologia) pode ser uma deformação excessiva da estrutura ou corrosão de armaduras, cuja terapia (procedimento para o restabelecimento da estrutura) deve levar em conta as causas da doença.

As patologias estruturais são manifestadas normalmente em situação de serviço através do aparecimento de fissuras ou fendilhações com diversas orientações, deformações excessivas, esmagamentos localizados no betão ou pela corrosão das armaduras ou desagregação nas superfícies devido a ataques como visto anteriormente.

2.3.1. Fissuras, Trincas, Rachaduras e Fendilhação

Fissuras são manifestações patológicas características de estruturas de betão, quanto mais acentuada for a sua deformação, mais atenção chama dos leigos, proprietários e usuários, para o facto de que algo de anormal está acontecendo.

A aparição de fissuras no betão ou mesmo no revestimento interfere na estética, durabilidade e nas características estruturais da estrutura.

Segundo (Lima, 2020), o mecanismo de acção da fissura é originário da actuação de tensões nos materiais, actuando tanto nos elementos não estruturais quanto nos elementos estruturais de betão. Quando a solicitação é maior que a capacidade resistiva do material, fissuras surgem como um meio de alívio das tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração. Consideram-se fissuras quando apresentam espessura inferior a 0,5 mm, trincas quando entre 0,5 e 1,0 mm e rachadura quando superior a 1 mm. Conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Fissuras, trincas e rachadura

Denominação	Espessura
Fissura	Até 0,5 mm
Trinca	Entre 0,5 e 1,0 mm
Rachadura	Superior a 1,0 mm

As fissuras podem ser activas (fissuras que apresentam variação de abertura em um determinado período de tempo) e passivas (fissuras estabilizadas, isto é, não apresentam variações de abertura ou comprimento em um determinado período de tempo).

Tem-se feito confusão sobre fissura e fendilhação, porque são, a maioria das vezes citadas como se fossem a mesma manifestação, o que não corresponde a realidade.

Segundo (Ruivo et al, 2012), fendilhação entende-se como sendo a ocorrência de uma abertura longitudinal que atravessa toda a espessura do reboco, enquanto, a fissuração corresponde a uma abertura longitudinal curta, fina, com desenvolvimento discreto, afectando apenas a parte superficial do revestimento, não atravessando toda a espessura do reboco.

As fendas podem se desenvolver ao longo dos elementos estruturais, influenciando decisivamente o comportamento de qualquer estrutura, uma vez que a rigidez das estruturas diminui drasticamente nestas condições.

2.4. Principais manifestações patológicas dos elementos estruturais

2.4.1. Fissuras causadas por falhas nos detalhes construtivos

O detalhamento errado ou insuficiente de um projecto estrutural, pode apresentar problemas patológicos sérios de difícil reparo, com implicações directas no comprometimento de resistência e/ou durabilidade da estrutura.

Segundo (Angelo, 2004), as causas dos principais defeitos estão ligadas à amarração.

A deficiência das armaduras, a maioria das vezes, está ligada ao desconhecimento do projectista (desenhos a escala muito reduzido não permitindo a melhor interpretação do projecto, pelo mestre-de-obras), insuficiência de secção de aço, espaçamento incorrecto entre as armaduras dificultando a betonagem.

Estão abaixo representados alguns tipos de fissuras causadas pela deficiência de armadura.

- Posicionamento incorrecto de armadura na laje em consola.

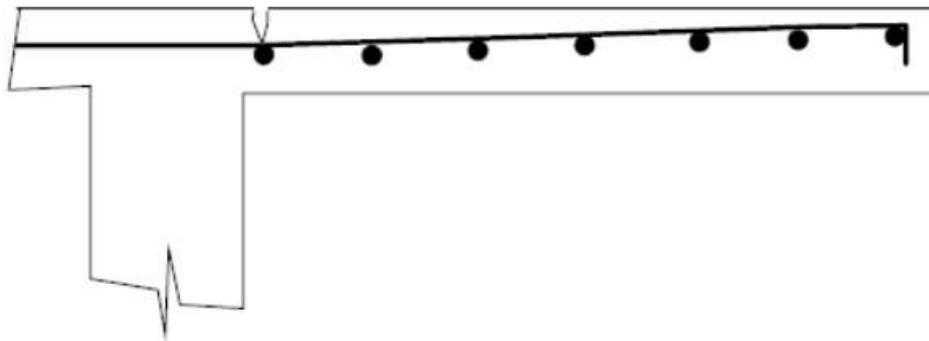


Figura 1. Posicionamento incorrecto de armadura na laje em consola

- Amarração deficiente nas áreas de mudança de direcção dos esforços.

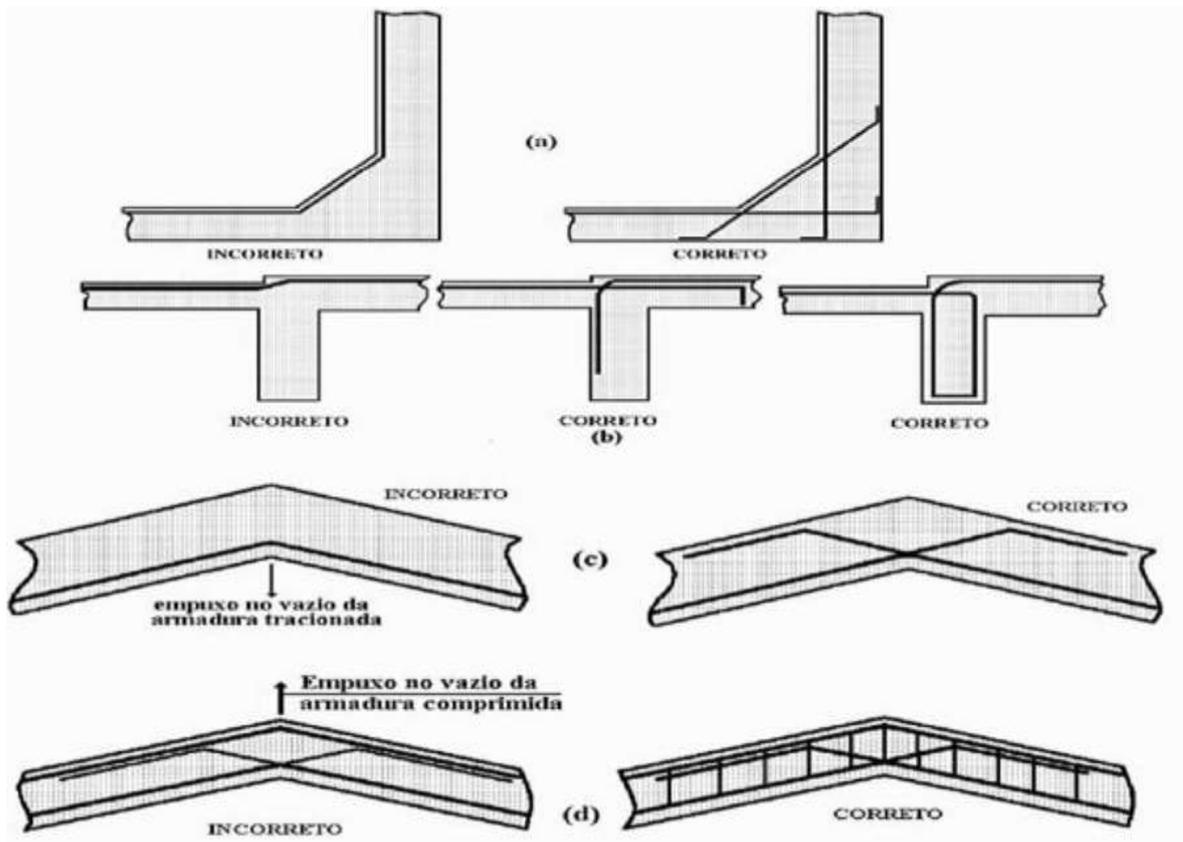


Figura 2. Comparação entre diferentes tipos de detalhamento de armadura (Souza & Ripper, 2009)

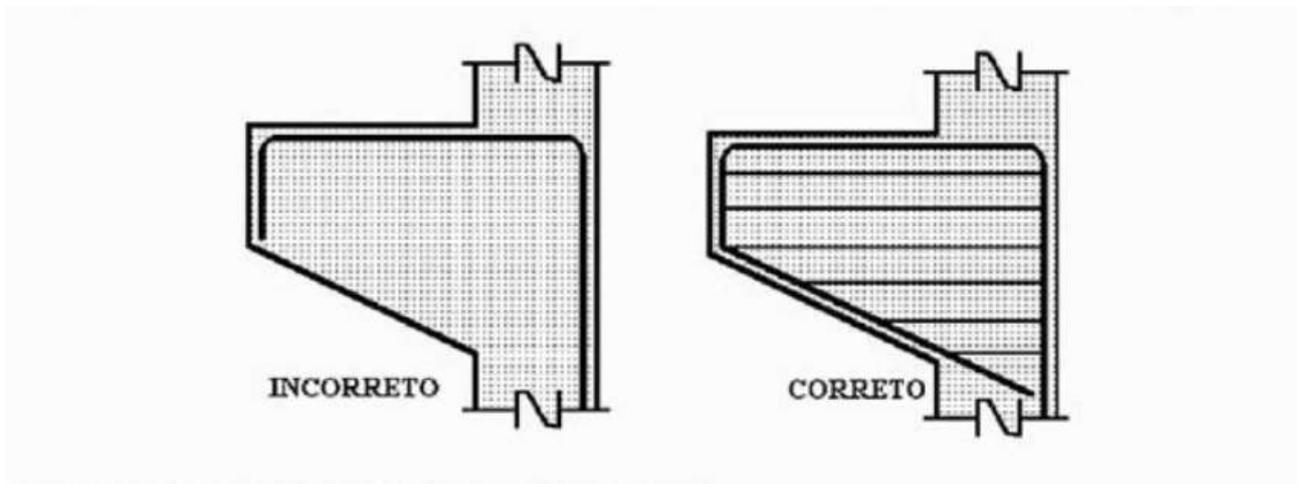


Figura 3. Detalhamento de armaduras em consolas curtas

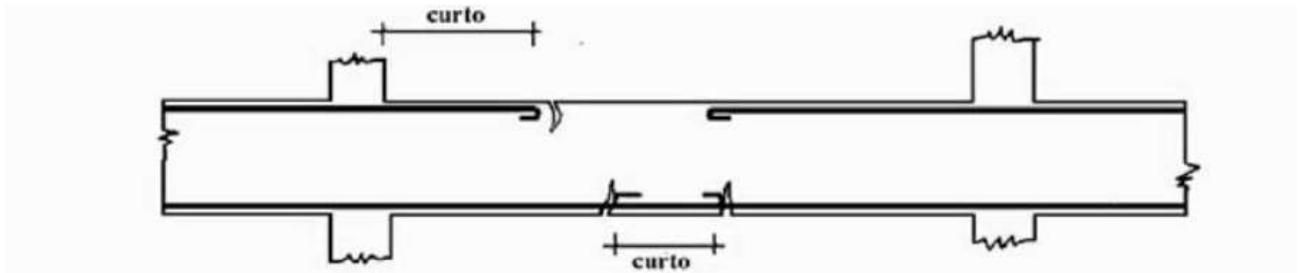


Figura 4. Insuficiência de comprimento de amarração

- É possível notar as fissuras no caso da deficiência de capacidade resistente em lajes, como ilustram as figuras



Figura 5. Fissuração por deficiência de armaduras para combate aos momentos volventes, na face da laje

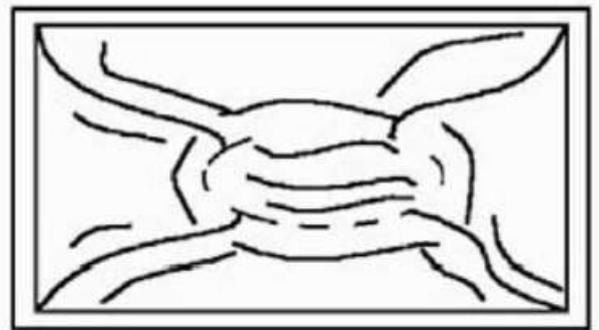


Figura 7. Fissuração por flexão, devida à insuficiência de armadura para os momentos positivos. As fissuras surgem na face inferior



Figura 6. Fissuração por deficiência de armaduras para combate aos momentos volventes, na face superior da laje



Figura 8. Fissuração de flexão, devida à insuficiência de armadura para momentos negativos. As fissuras surgem na face superior

No caso duma laje longa ou amarada numa só direcção as fissuras se desenvolvem ao longo do vão maior, isto é, paralelamente ao maior vão.

2.4.2. Fissuração por retracção de betão

Este tipo de fissuração ocorre pela cura mal feita do betão.

Segundo (Gonçalves, 2015), a perda de água no elemento de betão, o excesso de calor de hidratação e uma ineficiente protecção térmica do elemento estrutural geram tensões internas, provocando retracção que resulta em esforços de tracção.

O betão não resiste a tracção, levando ao aparecimento de fissuras mapeadas nos elementos estruturais. Por essa razão é importante considerar este efeito quer a nível de projecto, quer a nível de execução, pois a manifestação destas fissuras além de trazer o desconforto ao usuário pode facilitar o acesso dos agentes externos e atacarem os varões, causando deste modo a corrosão dos varões.

Segundo (Souza & Ripper, 2009), nos casos de peças de grandes dimensões, é importante cuidar-se da interacção da estrutura com o meio ambiente, na época de sua betonagem (as elevadas temperaturas, os baixos teores de humidade do ar e a incidência directa de ventos e radiação solar são aspectos extremamente prejudiciais ao normal endurecimento do betão), de que a mistura não tenha água mais que a necessária e de que as peças sejam convenientemente curadas.

As figuras mostram configurações típicas de fissuras de retracção após o endurecimento de betão.

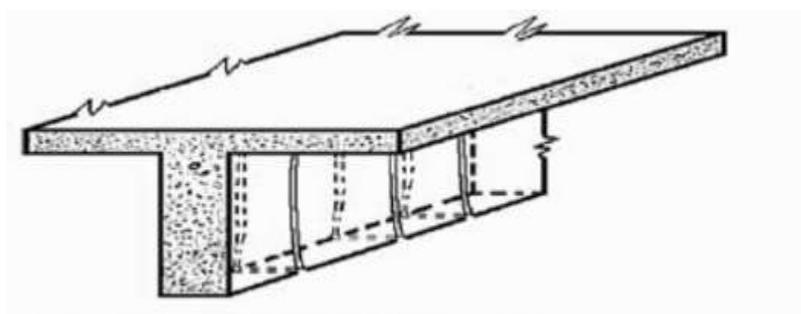


Figura 9. Fissuras de retracção em vigas

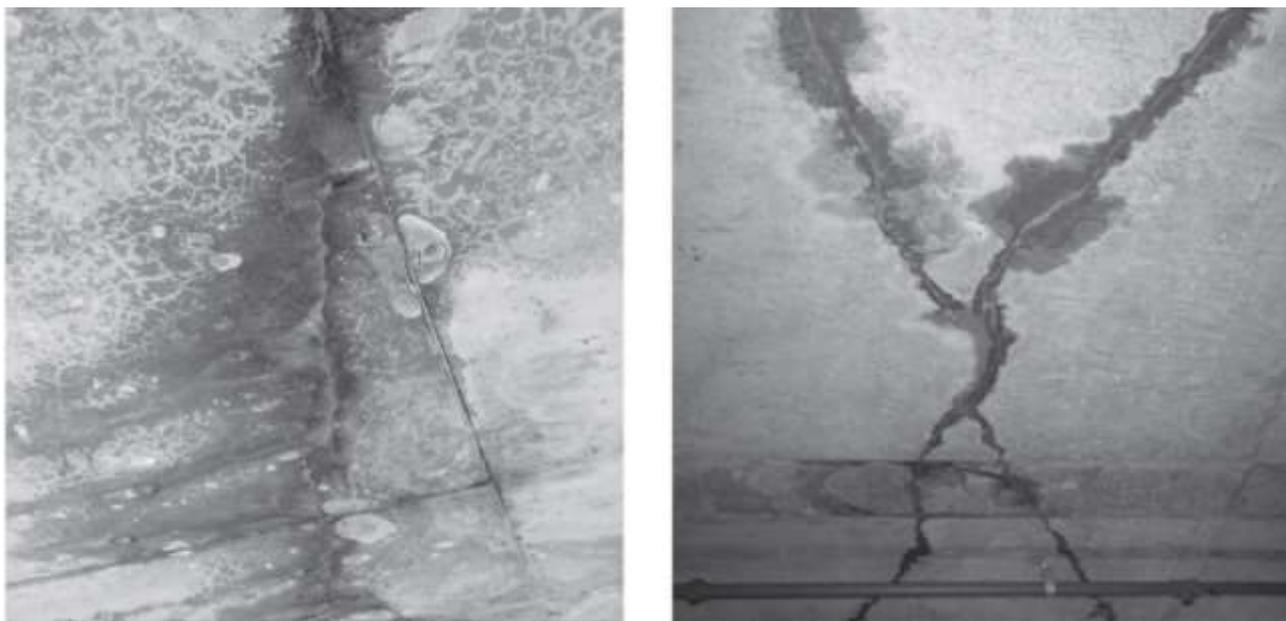


Figura 10. Fissuras retracção em lajes

2.4.3. Fissuras pela corrosão de armadura

A corrosão de armadura nos elementos de betão armado, dá-se pela deterioração de armadura por reacção química ou electroquímica do meio ambiente causando deste modo fissuras paralelas a armaduras.

As armaduras dos elementos do betão armado ficam protegidas e aderidas pela massa de betão que o envolve, transformando os dois materiais em um elemento único. Entretanto, é consenso que o concreto é um material poroso e sujeito a fissuração, que se traduzem em possíveis caminhos para a acção de agentes agressivos presentes na atmosfera (Lima, 2020).

De acordo com o mesmo autor (Lima, 2020), é importante frisar que além da camada de protecção mecânica, o aço constituinte do betão armado se beneficia de uma segunda protecção: a película protectora resultante das reacções químicas que ocorrem durante a cura de betão; essa protecção é denominada de protecção passiva.

Segundo (Angelo, 2004), a protecção passiva é tido devido o pH básico ($\text{pH} > 9$). Essa alcalinidade se deve à presença do hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ na pasta de cimento. Na reacção de carbonatação, o hidróxido de cálcio reage com dióxido de carbono CO_2

existente na atmosfera, transformando-se em carbonato de cálcio CaCO_3 , que tem pH menor que 9,0. Nessa condição, a armação pode perder o equilíbrio da passivação e, a qualquer instante, iniciar o processo de corrosão.

A corrosão de armadura varia para cada tipo de ambientes e a camada do recobrimento.

Segundo (REBAP, 2007) os ambientes classificam-se do modo seguinte:

- Ambiente pouco agressivo: ambiente em que a humidade relativa é habitualmente baixa e não é de se esperar a presença de agentes corrosivos (interiores de edifícios de habitação, de escritórios, etc);
- Ambiente moderadamente agressivos: ambientes interiores em que a humidade relativa é habitualmente elevada ou em que é de esperar a presença temporária de agentes corrosivos; ambientes exteriores sem concentração especial de agentes corrosivos; águas e solos não especialmente agressivos;
- Ambiente muito agressivo: ambientes com forte concentração habitual de agentes corrosivos; líquidos agressivos (águas muito puras, águas salinas, etc.); solos especialmente agressivos.

Para cada tipo de ambiente o (REBAP, 2007), recomenda o recobrimento mínimo para cada tipo de betão, como ilustra a

Tabela 4.

Tabela 4. Recobrimento mínimo das armaduras

Ambiente	Tipo de betão	
	≤ 25	≥ 30
Pouco agressivo	2	1.5
Moderadamente agressivo	3	2.5
Muito agressivo	4	3.5

A protecção de varões é de extrema importância não apenas para proteger da corrosão mas também para eficiente transmissão das forças entre as armaduras e o betão.

O aço vítima da corrosão, sofre o aumento de volume até oito vezes na parte afectada da armadura, produzindo tensões que o concreto não resiste, deixando armadura mais

exposta à acções dos agentes externos, gerando mais corrosão, e até o descasque do betão como ilustra a Figura 11.



Figura 11. Corrosão nas armaduras de uma laje. Fonte: (Gonçalves, 2015)

A Figura 12 exemplifica o ataque de agentes externos por meio da porosidade do betão.

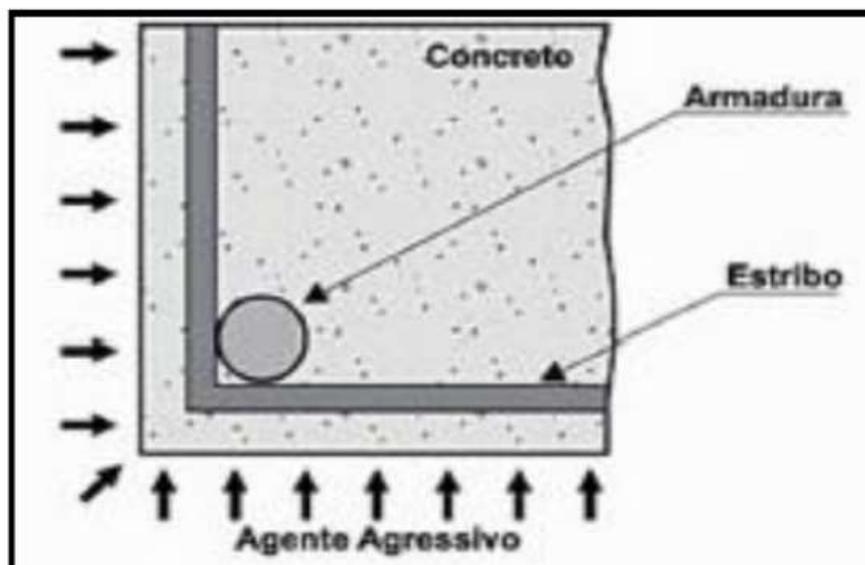


Figura 12. Penetração do agente através da porosidade do betão. Fonte: (Gonçalves, 2015)

2.4.4. Fissuras pela deformação excessiva da estrutura

Os elementos de betão armado mais sujeitos a deformação excessiva são as lajes (como referido anteriormente 2.4.1), para o caso de patologias associadas a flexão pelos momentos negativos, os efeitos secundários destas patologias se manifestam nos elementos não estruturais, como o caso de paredes de alvenarias.

Os elementos estruturais como lajes, sem deixar de lado as vigas, geram movimentações que não podem ser acompanhadas pela constituição rígida das paredes de alvenaria, introduzindo tensões de compressão, tracção e cisalhamento nas paredes, podendo provocar a fissuração (Magalhães, 2004).

Pode haver o caso de os elementos estruturais terem deformações dentro do regulamentado, não oferecendo deste modo riscos a estrutura, mas ser incompatível com a alvenaria ou com outros elementos de uma edificação e acaba gerando fissuras causadas por essa incompatibilidade encontrada.

Segundo (REBAP, 2007), nos casos correntes de vigas e lajes de edifícios, a verificação da segurança em relação aos estados limites de deformação poderá limitar-se à consideração de um estado limite definido por uma flecha igual a $1/400$ do vão para as combinações frequentes de acções; porém, se a deformação do elemento afectar paredes divisórias, e a menos que a fendilhação dessas paredes seja contrariada por medidas adequadas, aquela flecha não deve ser tomada com valor superior a 1,5 cm.

Vigas e lajes são os elementos estruturais que são mais passíveis à flexão e acabam, como dito anteriormente, gerando cargas nas alvenarias. Para este tipo de causa, quando não tem aberturas, existem três tipos de configuração de fissura, tais como: quando o elemento de apoio se deforma mais que o elemento superior (Figura 13), quando o elemento de apoio se deforma menos que o elemento superior (Figura 14) e quando o elemento de apoio possui deformação igual ao elemento superior (Figura 15)

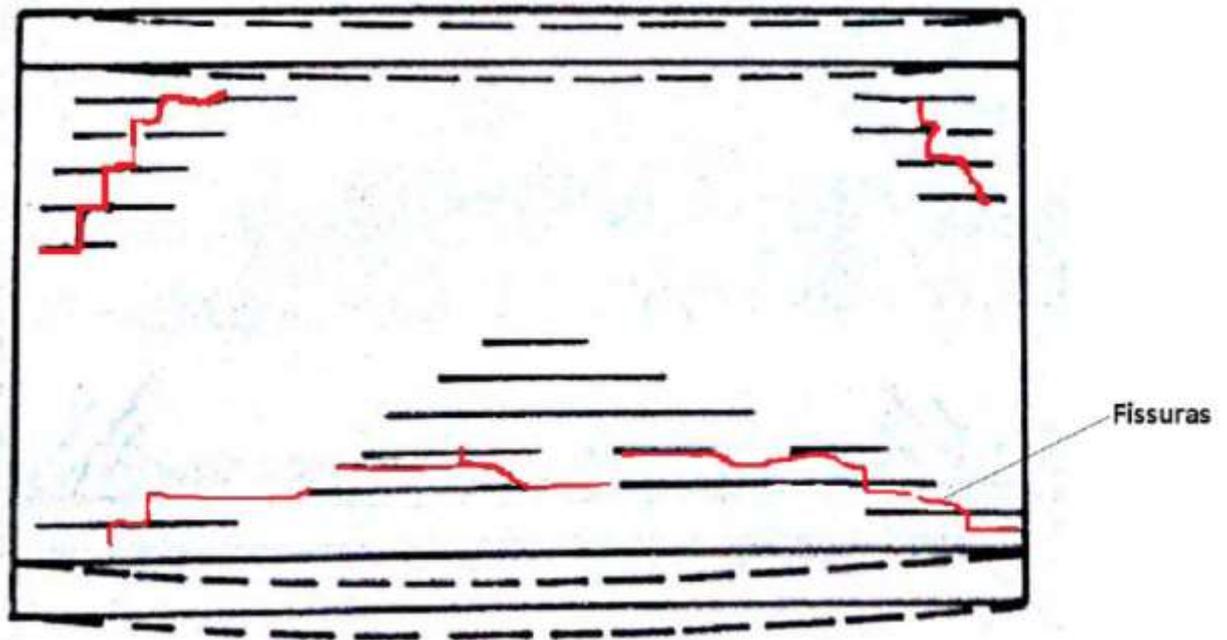


Figura 13. Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma mais que o elemento superior

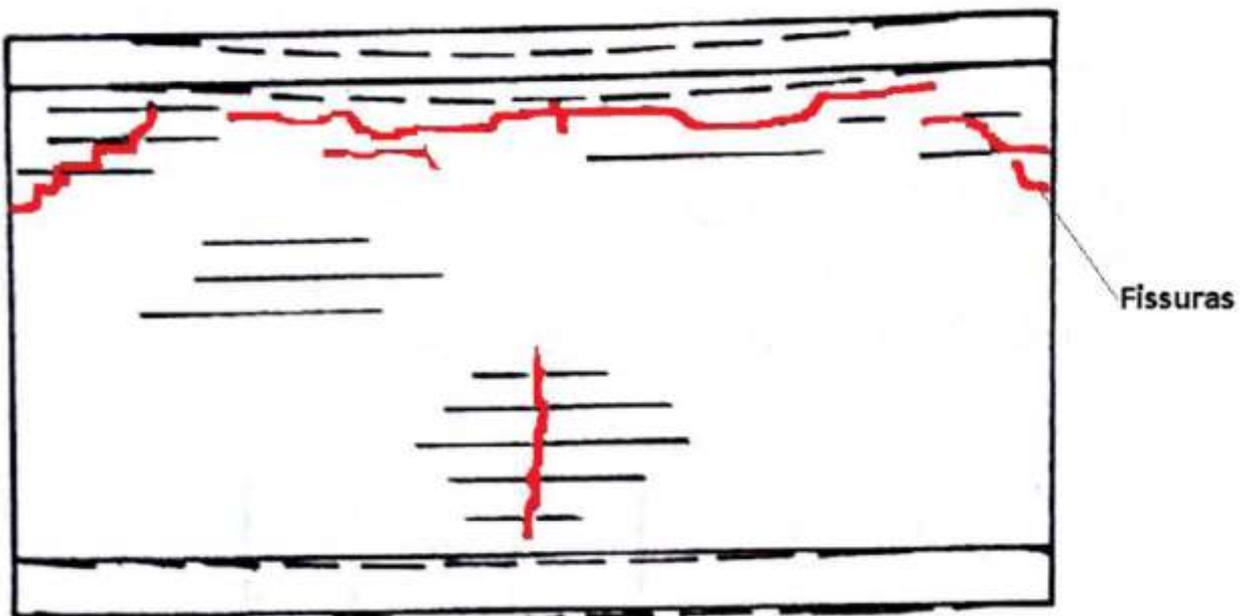


Figura 14. Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma menos que o elemento superior

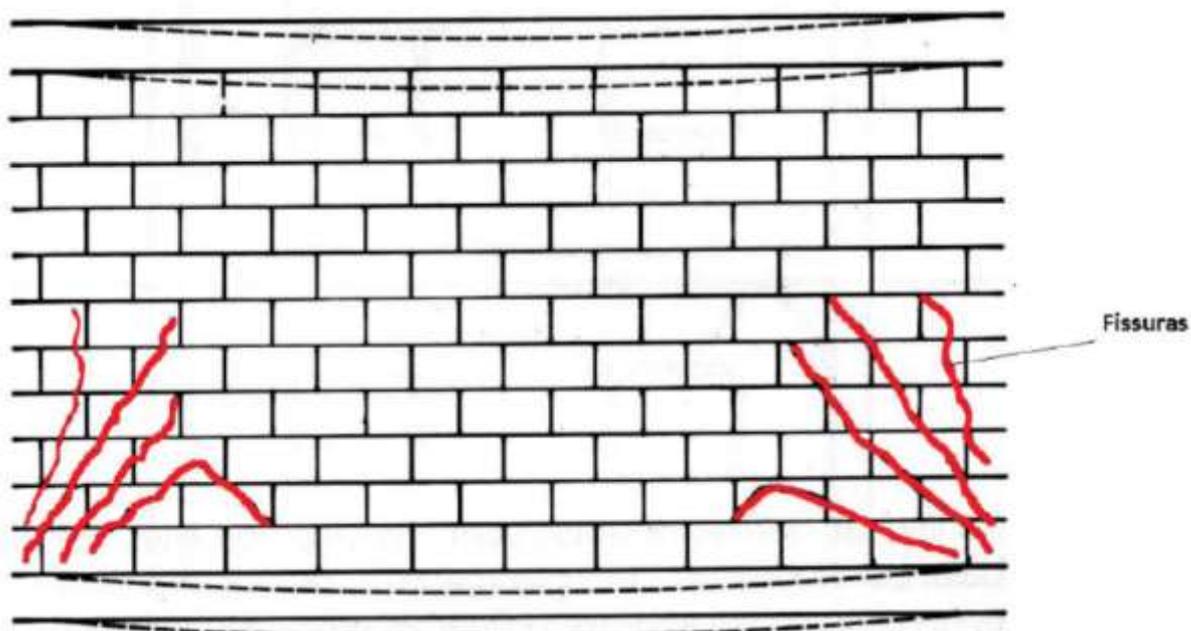


Figura 15. Configuração de fissura quando o elemento de apoio e o elemento superior se deformam igualmente

Nas alvenarias que possuem algum tipo de abertura as fissuras podem ter diversas configurações, como ilustrado na Figura 16.

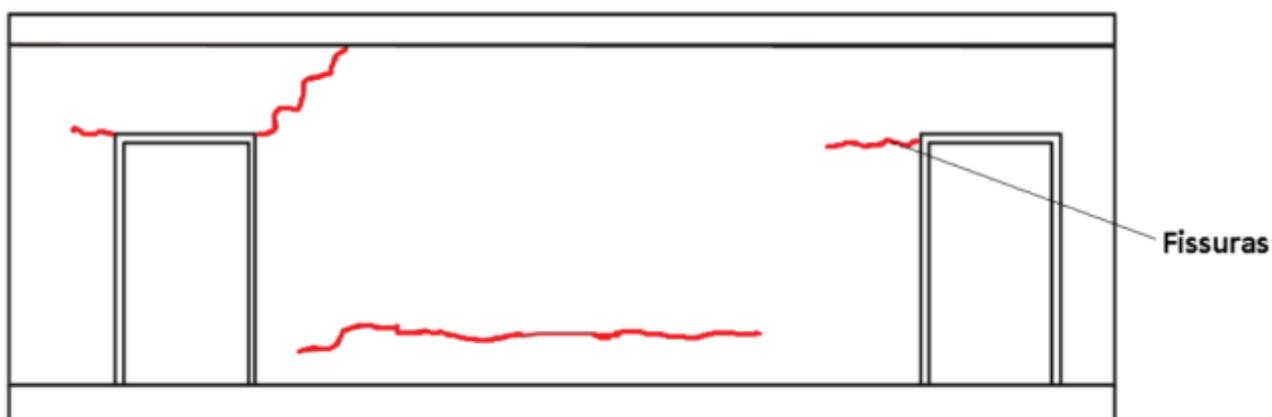


Figura 16. Configurações diversas de fissuras em alvenaria com aberturas

2.4.5. Fissuras causadas por movimentações térmicas (variação de temperatura)

As alterações climáticas (frio, calor e humidade) alteram as características geométricas (variação volumétrica) dos elementos de betão, estejam eles endurecidos ou não.

A variação da temperatura pode trazer às estruturas, os seguintes inconvenientes:

- Alterações de dimensões;
- Fissuração de elementos estruturais;
- Redução da durabilidade;
- Diminuição da aderência às armaduras;
- Aumento de risco de corrosão, pelo facto de o betão apresentar fissuras.

Segundo (Angelo, 2004), as fissuras decorrentes de movimentações térmicas em elementos lineares são perpendiculares à direcção da movimentação, com aberturas constantes e em muitos casos circundantes à secção solicitada.

As variações de temperatura em elementos estruturais tende a gerar fissuras em elementos não estruturais, como paredes de alvenarias, gerando um desconforto ao usuário. Para o seu tratamento é necessário ter-se em conta as suas causas.

Segundo (Mendes, 2022), esse tipo de fissura ocorre em paredes paralelas ao sentido principal de dilatação térmica da laje da cobertura. Essa dilatação vai gerar tensões horizontais de tracção, provocando assim a fissura vertical na parede.

A fissura tende a apresentar maior abertura no topo da parede, junto à laje, e tende a ser mais comum em paredes de alvenaria com tijolos de furos verticais, que apresentam baixa resistência à tracção na direcção horizontal (Magalhães, 2004).

Sua configuração típica é apresentada na Figura 17.

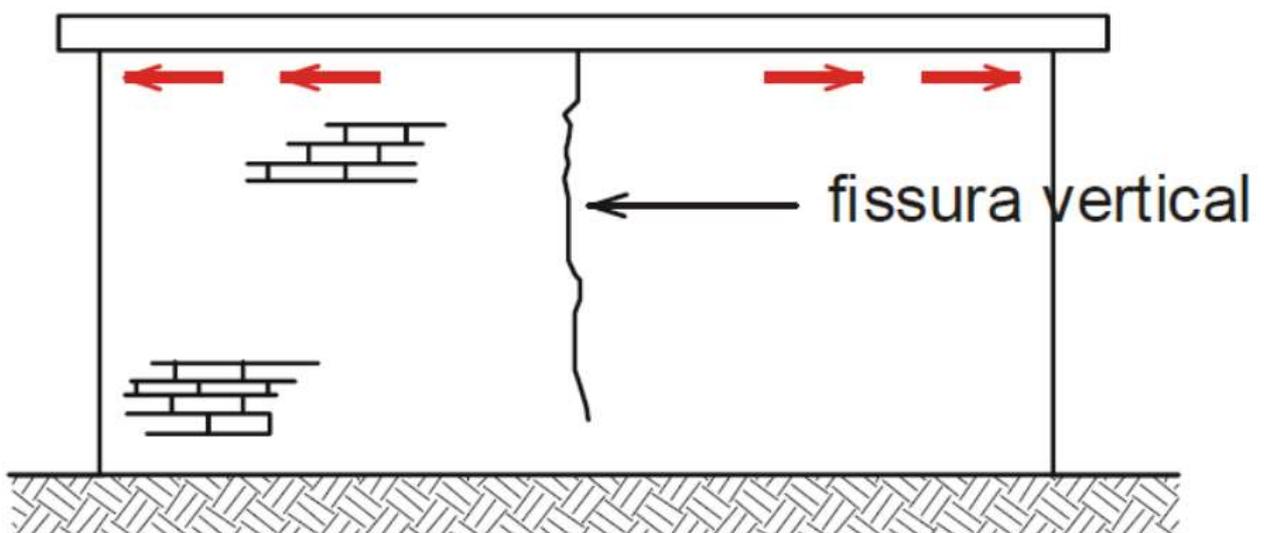


Figura 17. Fissura vertical por movimentação térmica da laje (Magalhães, 2004)

Segundo (Mendes, 2022), nas alvenarias que sustentam a laje de betão ocorrem fissuras horizontais causadas pela variação de temperatura (Figura 18), principalmente as lajes de cobertura. Segundo (Silva L. B., 2013), as coberturas e paredes externas recebem maior incidência da radiação solar, portanto são áreas mais propensas a ocorrência de fissuras por variações térmica.

O surgimento das fissuras debaixo da cobertura, estão relacionados a falta de resistência ao cisalhamento, que pode ocorrer nestas áreas. Devido a menor compressão a qual estas áreas estão sujeitas, uma vez que suportam apenas o peso da própria cobertura, e em consequência de estar predisposta à maior solicitação térmica. Porém esse tipo de estrutura não compromete a segurança de edificação.

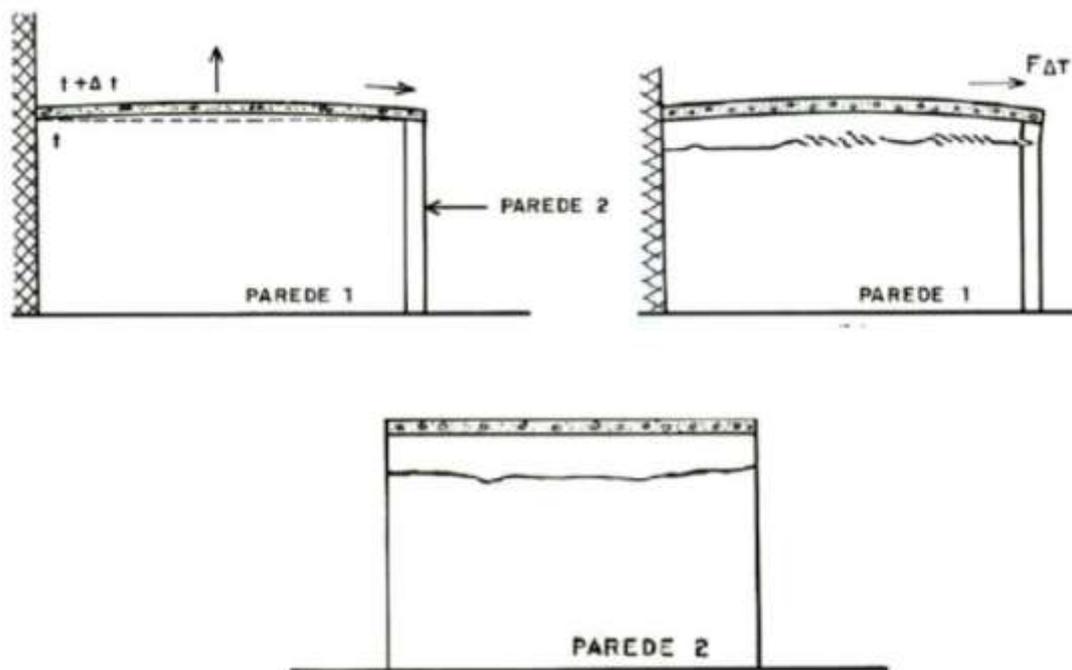


Figura 18. Formação de fissuras horizontais devido à variação de temperatura (Richter, 2007)

Por outro lado, nas lajes de cobertura sobre paredes muito longas, enfraquecidas por aberturas, as fissuras têm direcção horizontal ao das paredes externas maiores, inclinando-se aproximadamente à 45° nas paredes transversais em direcção à laje de tecto (Richter, 2007). Este tipo de manifestação tende a ser mais visível nas extremidades do edifício, conforme ilustrado na Figura 19.

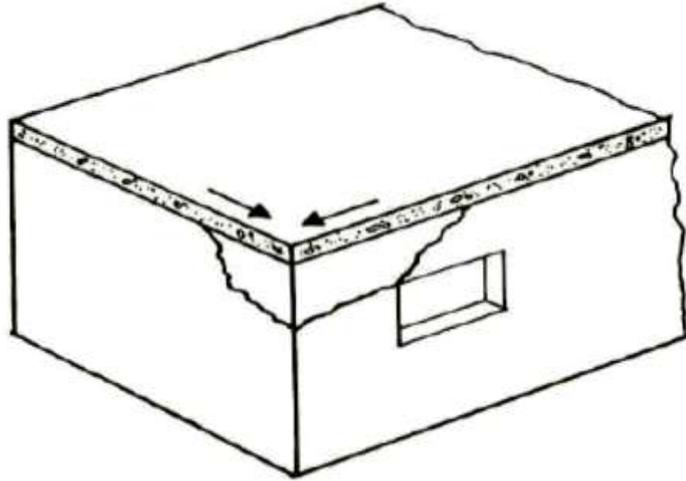


Figura 19. Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura

Segundo (Magalhães, 2004), a movimentação térmica da estrutura pode provocar o descolamento entre as alvenarias e o reticulado estrutural, resultando em fissuras verticais e horizontais na sua interface.



Figura 20. Fissuras de descolamento por movimentação térmica da estrutura de Betão armado (Magalhães, 2004)

2.4.6. Fissuras causadas por recalque diferencial de fundações

O solo é um material compressível devido às suas características de conformação, partículas sólidas entremeadas de água, ar e material orgânico. Por esta razão, ao ser solicitada a compressão por cargas provenientes de estruturas, ele se deforma. Esta deformação pode causar assentamentos diferenciais nos elementos estruturais, podendo gerar novos esforços à estrutura.

Segundo (Angelo, 2004), dentro de certos limites, as estruturas são capazes de absorver pequenos assentamentos diferenciais. Este facto está ligado à rigidez, à altura da estrutura, à velocidade e à distribuição da ocorrência dos assentamentos diferenciais. Vários autores quantificam o valor limite da distorção angular (diferença entre dois (2) pontos assentados, dividida pela distancia horizontal entre eles), como ilustra a Tabela 5.

Tabela 5. Valores limites de assentamentos, sugeridos por vários pesquisadores

Pesquisadores	SKEMPTON / MACDONALD	MEYERHOF	POLSKIN / TOKAR	BJERRUM
Dano estrutural	l/500	l/250	l/200	l/150
Fissuração em paredes e divisórias	l/500 (recomendado)	l/500	l/1000 (para cantos externos)	l/500

As principais causas de assentamento nas estruturas são as seguintes (Silva L. B., 2013):

- Rebaixamento de lençol freático – Caso haja presença de solos compressíveis, pode ocorrer redução das pressões neutras, independente da aplicação de carregamentos externos.
- Solos colapsáveis e expansivos – Para o primeiro, solos de elevadas porosidades, quando entram em contacto com a água, ocorre a destruição da cimentação intergranular, resultando um colapso súbito deste solo. Para o segundo, a presença do argilo-mineral montmorillonita condiciona a expansão (ou retracção) do solo quando da variação do seu grau de saturação.
- Escavações em áreas adjacentes à fundação (túneis, trincheiras, etc.) – Em alguns casos, mesmo sob a presença de contenções, podem ocorrer movimentos, ocasionando assentamentos nas edificações vizinhas.
- Vibrações – Oriundas da operação de equipamentos como: bate-estacas, rolos compactadores vibratórios, tráfego viário, explosões, etc.
- Árvores – Crescimento de árvores em solos argilosos.

A configuração das fissuras devido aos assentamentos de fundação pode ser variada, dependendo do ponto recalçado, como ilustra a Figura 21.

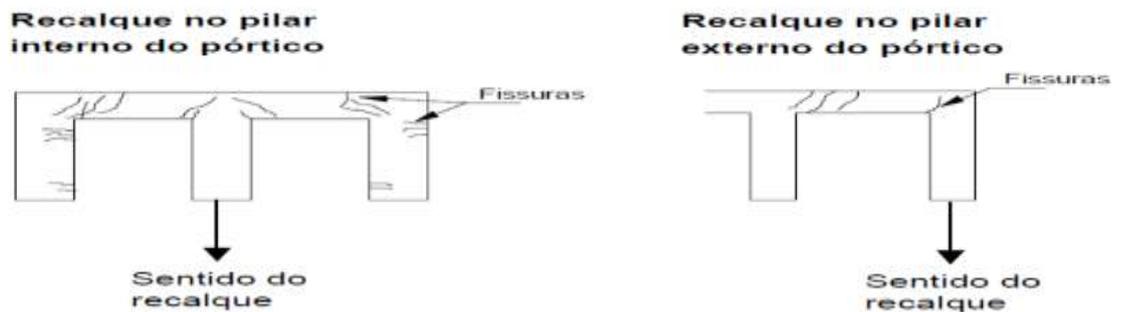


Figura 21. Assentamento de estrutura de betão armado em pórticos

Também podem ocorrer falhas nas estruturas de fundação capazes de gerar assentamentos e, por consequência, fissuras: degradação estrutural por deterioração de elementos pétreos, argamassas ou concretos; corrosão de armaduras ou reacções químicas causadas pela acção dos solos ou de água agressivas; deficiência de projecto ou execução; deformabilidade excessiva ou mesmo rupturas de estruturas de fundação. (Magalhães, 2004).

O assentamento das fundações gera fissuras nas paredes de alvenarias, sendo através das suas configurações geométricas, possível identificar pela inspecção visual. Não obstante que sempre que se verifica este tipo de configurações é necessário uma investigação aprofundado para se aferir o adequado método do seu tratamento.

A Figura 22 mostra diferentes manifestações causadas pelo assentamento diferencial nas paredes de alvenaria.

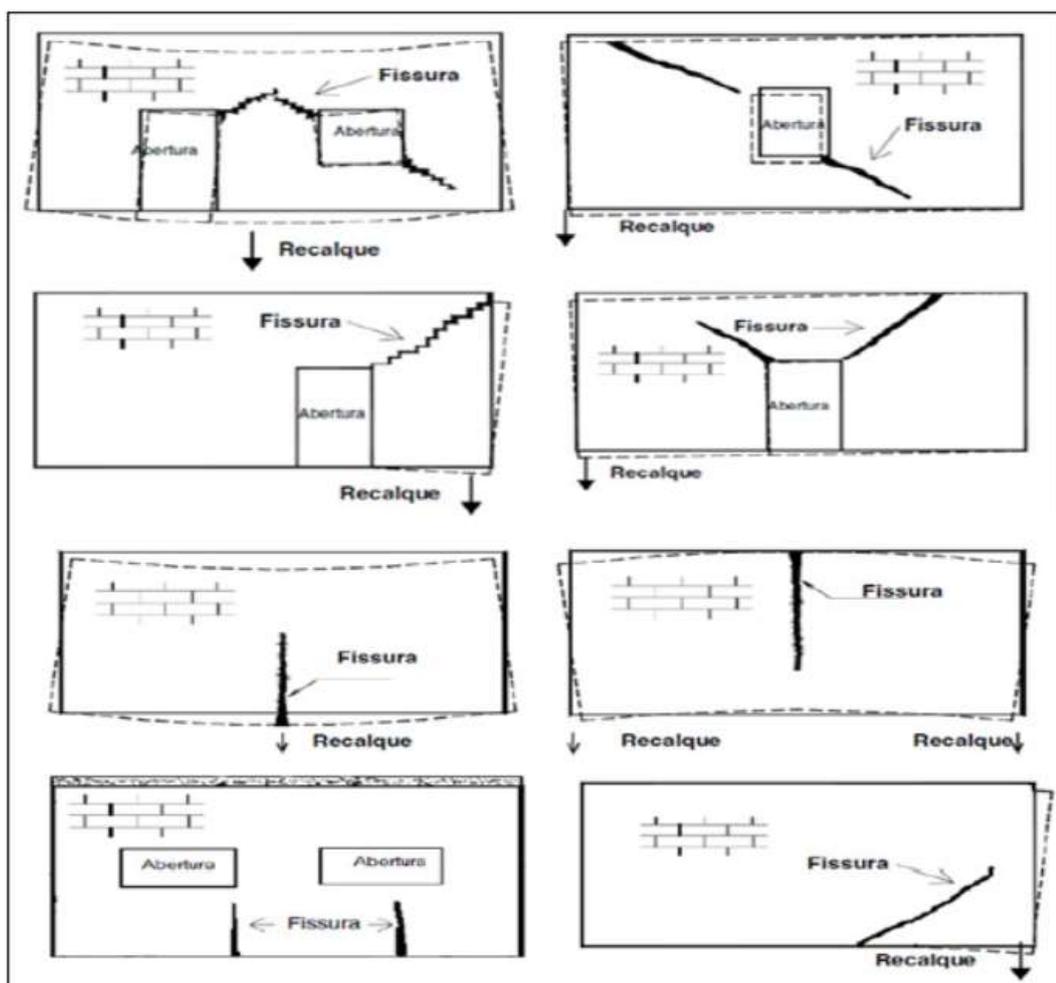


Figura 22. Fissuras devido ao assentamento de fundação (Silva L. B., 2013)

2.5. Humidade

Segundo (Santos, 2021), humidade é a qualidade ou o estado húmido e os problemas mais comuns na construção civil, se dão pela penetração de água ou pela formação de manchas de humidade. Essas deficiências podem causar problemas de difícil solução, sendo influenciador para o surgimento de doenças, problemas de carácter funcional, estético, tudo isso causando prejuízos financeiros.

Segundo (Mendes, 2022), a humidade não é apenas uma causa de patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construção ocorra. Ela é factor essencial para o aparecimento de manchas de humidade, eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, descolamento de revestimentos, fungos, algas, líquens, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentíceas, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

De acordo com o mesmo autor (Mendes, 2022), a humidade pode ser classificada de acordo com a forma e a origem como ela se manifesta:

- Humidade de obra: tem origem nos trabalhos de construções de edifícios, mantendo-se durante um determinado período após a conclusão da obra, diminuindo depois de forma gradativa até desaparecer;
- Humidade de absorção e capilaridade: originada da absorção da água existente no solo pelas fundações e pavimentos, chegando até as paredes e pisos;
- Humidade de infiltração originada da água de chuva que penetra nos edifícios através dos elementos construtivos de seu envoltório exterior;
- Humidade de condensação: com origem do vapor de água que se condensa na superfície, ou no interior dos elementos construtivos;
- Humidade acidental: proveniente de vazamento do sistema de distribuição e/ou colecta de águas da edificação.



Figura 23. Causas de manchas em uma edificação

2.6. Eflorescências e criptoflorescências

Segundo (Ferreira & Garcia, 2016), o caso clássico de eflorescência e criptoflorescências é caracterizado pela deposição de sais solúveis na superfície do revestimento, podendo-se manifestar em pontos concentrados ou generalizados. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual

na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam (Gonçalves, 2015).

Segundo (Lopes F. R., 2016), como consequência dá-se a evaporação da humidade penetrada no revestimento, que origina a cristalização dos sais à superfície (eflorescência) ou no interior do revestimento (criptoflorescências). A Figura 24 representa a formação das eflorescências e das criptoflorescências.

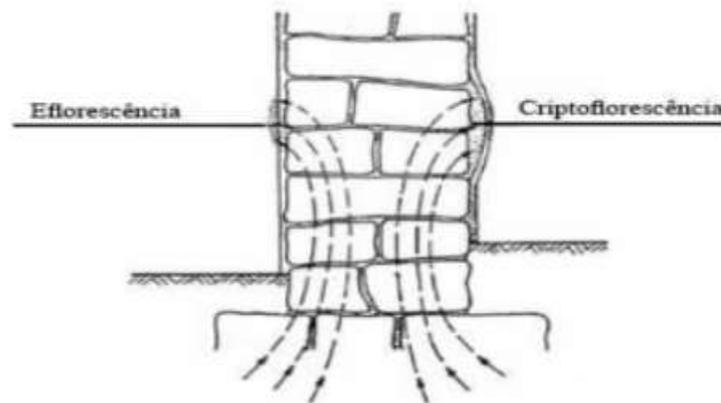


Figura 24. Formação de eflorescências e criptoflorescências

2.7. Perda de aderência

A perda de aderência é um efeito que pode ter consequências ruinosas para a estrutura, e pode ocorrer entre dois concretos de idades diferentes, na interface de dois betões, ou entre as barras de aço das armaduras e o betão (Souza & Ripper, 2009).

De acordo com os mesmos autores (Souza & Ripper, 2009), a perda de aderência entre dois concretos de idades diferentes ocorre quando a superfície entre o betão antigo e o betão novo estiver suja, quando houver um espaço de tempo muito grande entre dois betões consecutivos e a superfície de contacto (junta de betões) não tiver sido convenientemente preparada, ou quando surgirem trincas importantes no elemento estrutural.

A perda de aderência entre o Betão e o aço ocorre por causa de (Souza & Ripper, 2009):

- Corrosão do aço, com sua conseqüente expansão;
- Corrosão do betão, em função da deterioração por dissolução dos agentes ligantes;
- Assentamento plástico do betão;

- Dilatação ou retracção excessiva das armaduras, cuja principal causa são os incêndios (cargas cíclicas podem dar efeitos semelhantes);
- Aplicação, nas barras de aço, de preparados inibidores da corrosão (perda parcial ou total de aderência, em casos extremos).

3. DETALHES DO DE PROJECTO DE ARQUITECTURA E DE ESTRUTURA DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

3.1. Localização do Edifício

O Edifício do Hospital Geral José Macamo, localiza-se ao longo da estrada nacional N4, Cidade de Maputo, em frente a Escola Primária Completa de Lhanguene Piloto, conforme se pode visualizar na Figura 25 e Figura 26.



Figura 25. Localização do HGJM (Adaptada do Google Maps)

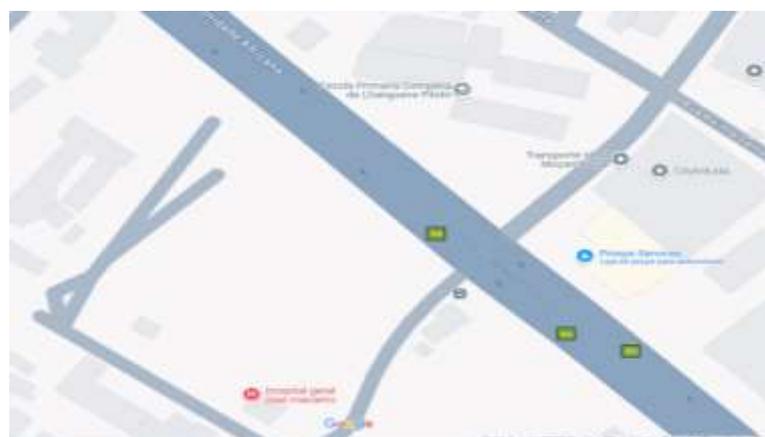


Figura 26. Localização do HGJM

3.2. Descrição do Edifício

O Hospital Geral José Macamo, encontra-se actualmente dividido em 7 edifícios como ilustra a Figura 27:

- I – Edifício do Bloco Operatório;
- II – Edifício da Farmácia;
- III – Edifício da Enfermaria da Cesariana;
- IV – Edifício da Enfermaria da Ginecologia;
- V – Edifício da Enfermaria de Maternidade;
- VI – Edifício Principal;
- VII – Edifício da Administração.

Destes edifícios, os contemplados pela reabilitação são: I, III, IV, V e VI.

Os Edifícios escolhidos para fazer parte deste relatório são os que estão em reabilitação durante o estágio a saber:

- I – Edifício do Bloco Operatório;
- IV – Edifício da Enfermaria da Ginecologia; e
- VI – Edifício Principal;

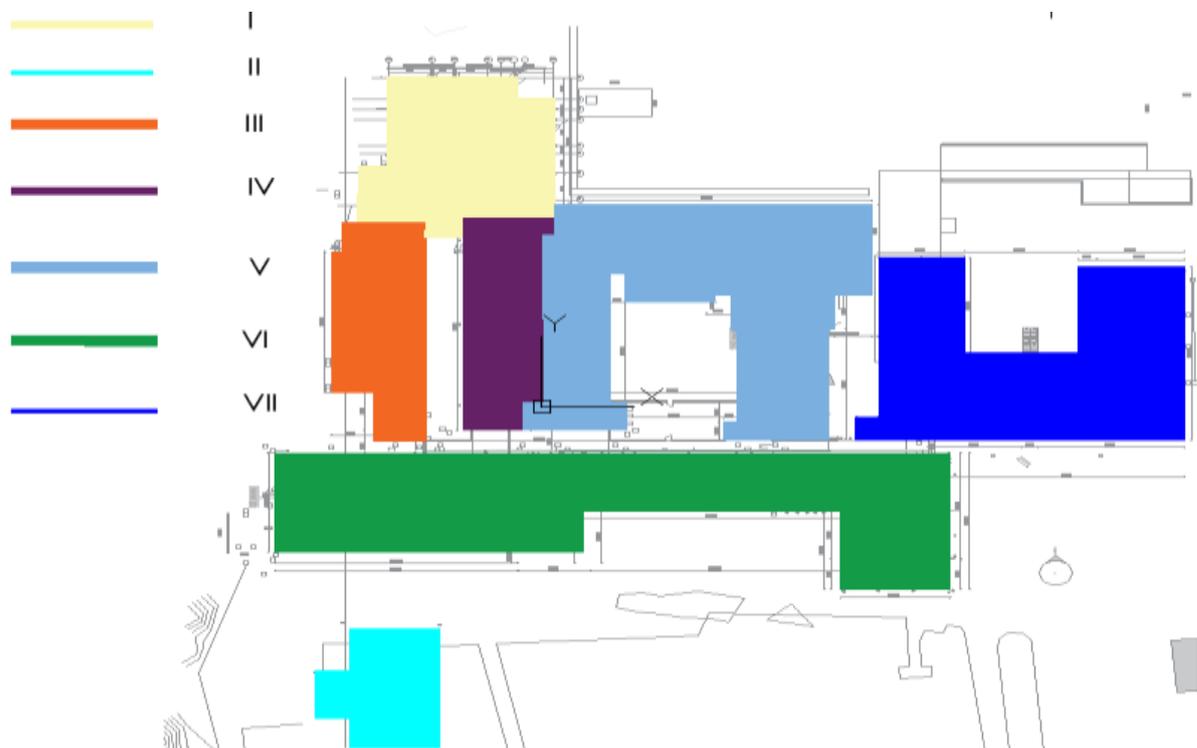


Figura 27. Divisão dos Edifício do HGJM

3.2.1. Edifício de Bloco Operatório

Este edifício é composto por dois (2) pisos (Cave e Rés-do-chão) e tem uma área de implantação de 465 m².

O Edifício representa no seu interior os seguintes compartimentos Tabela 6.

Tabela 6. Compartimentos do Edifício do BO.

Compartimento	Quantidade	Piso
Quartos	00	Cave
Sala de Cirurgia	00	
Armazém de medicamentos	07	
Rampa de gás	01	
Instalação sanitária	02	
Escritório	02	
Vestiário	01	
Quarto	00	Rés-do-chão
Recobro	01	
Sala de Cirurgia	05	
Armazém de material	02	
Rampa de gás	00	
Instalação sanitária	02	
Escritório	00	
Sala de material esterilizado	01	
Lavagem	02	
Esterilização	01	
Vestiário	01	

As Figura 28 e Figura 29 representam as plantas da Cave e do Rés-do-chão do BO onde foram feitos os estudos exaustivo das patologias que o mesmo apresenta.

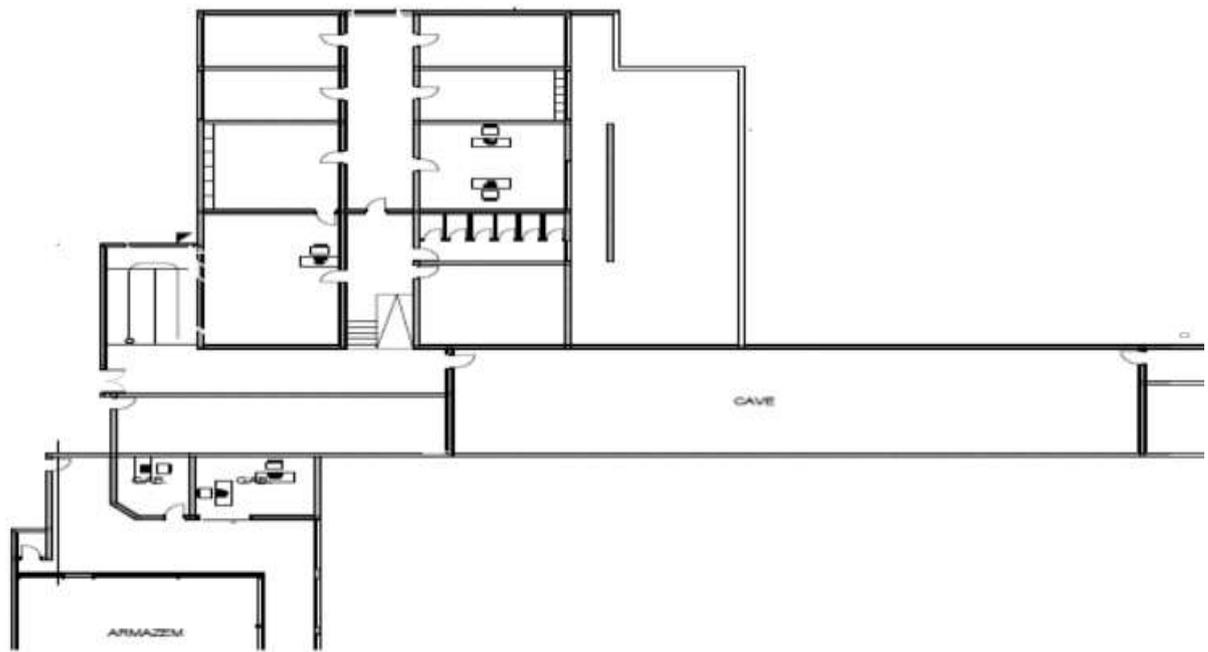


Figura 28. Planta da Cave do BO.



Figura 29. Planta do Rés-do-chão do BO

3.2.2. Edifício da Enfermaria de Ginecologia

Este Edifício é apenas dum Piso e tem uma área de implantação de 327 m².

O Edifício representa no seu interior os compartimentos como ilustra a Tabela 7.

Tabela 7. Compartimentos do Edifício da EG.

Compartimento	Quantidade	Piso
Quarto	00	Rés-do-chão
Sala de Anestesia	01	
Armazém de material	02	
Instalação sanitária	03	
Escritório	04	
Aceitação	01	
Recepção	01	
Vestiário	01	

A Figura 30 representa a planta da EG onde foram feitos os estudos exaustivo das patologias que o mesmo apresenta.

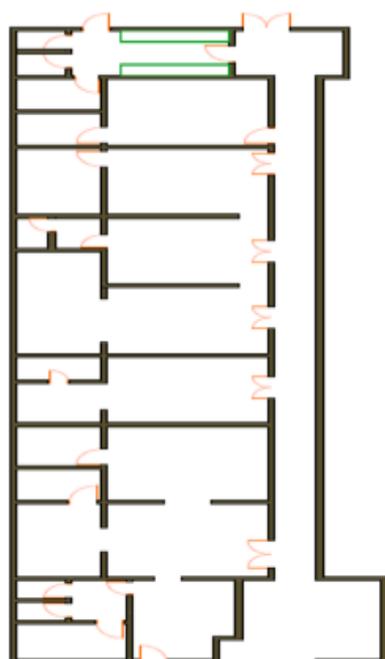


Figura 30. Planta de EG

3.2.3. Edifício Principal

Este edifício é composto por cinco (5) pisos (Rés-do-chão, Piso 1, Piso 2, Piso 3 e Piso 4) e tem uma área de implantação de 1318 m².

O Edifício representa no seu interior os seguintes compartimentos Tabela 8.

Tabela 8. Compartimentos do EP

Compartimento	Quantidade	Piso
Quarto	15	Rés-do-chão
Armazém de Equipamentos	07	
Instalação sanitária	11	
Gabinete	12	
Sala de Espera	02	
Pequena cirurgia	01	
Vestiário	01	
Quarto	16	Piso 1
Sala de Penso	01	
Farmácia	01	
Instalação sanitária	06	
Gabinete	03	
Arrecadação	01	
Copa	02	
Sala de tratamento	01	
Quarto	16	Piso 2 – 4 (Piso Tipo)
Sala de Penso	01	
Farmácia	01	
Instalação sanitária	06	
Gabinete	03	
Arrumo	01	
Copa	02	
Sala de tratamento	02	

As Figura 31 e Figura 32 representam as plantas do Rés-do-chão e Piso tipo do EP. O estudo exaustivo das patologias foram feitos somente para o Rés-do-chão e Piso 1.

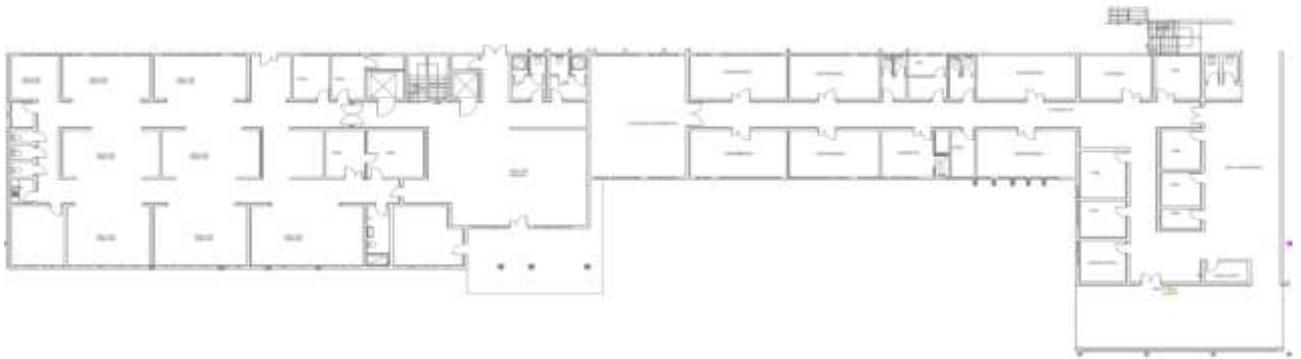


Figura 31. Plana Rés-do-chão do EP

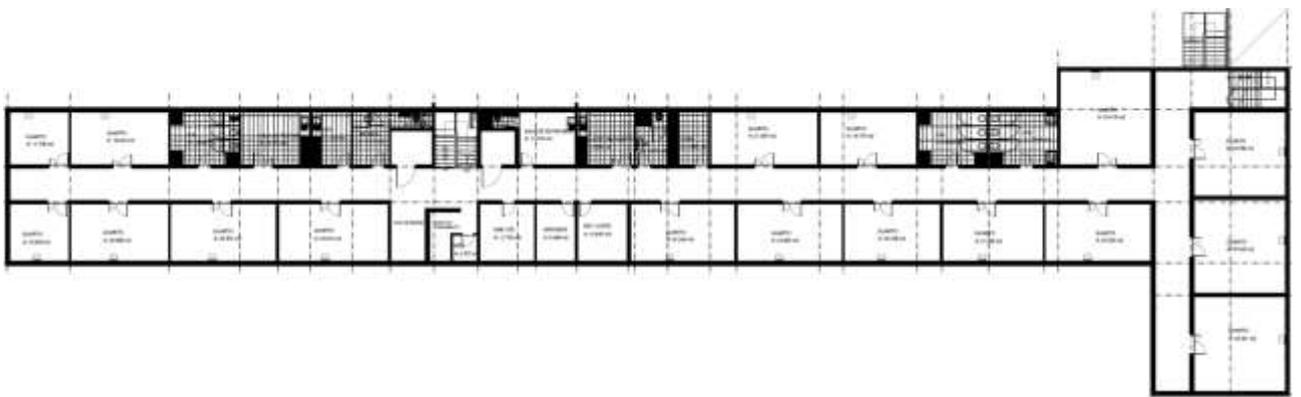


Figura 32. Planta do Piso Tipo EP

4. IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS NO EDIFÍCIO DO HOSPITAL GERAL JOSÉ MACAMO E PROVÁVEIS CAUSAS

Para o levantamento das patologias do edifício na base da via empírica foi feito o levantamento fotográfico das manifestações patológicas e com base nos conhecimentos teóricos enquadrar às respectivas causas para melhor adequar ao método de tratamento.

4.1. Patologia causada pela movimentação térmica

As patologias observadas ao nível da movimentação térmica serão abordadas da seguinte forma:

- Descrição das patologias no seu estado actual recorrendo a um levantamento fotográfico;
- Explicação das causas para o aparecimento das patologias em questão, referindo os métodos de inspecção utilizados;
- Indicação em planta da localização da patologia.

Foi possível identificar fissuração do reboco nos compartimentos e nas paredes exteriores como pode-se notar nas Figura 33, Figura 34 e Figura 35.



Figura 33. Fissura de descolamento as alvenarias e o reticulado estrutura



Figura 34. Fissura oblíqua (45°) e horizontal



Figura 35. Fissuras horizontais

Analisando-se a Figura 33 nota-se o descolamento entre as alvenarias e o reticulado estrutural, este tipo de fenómeno foi proposto por (Magalhães, 2004) como resultante de movimentação térmica, neste caso é da laje de cobertura.

No caso da Figura 34, foi proposto por (Magalhães, 2004) fissuras verticais como sendo resultantes de dilatação térmica da laje de cobertura e (Richter, 2007) propôs fissuras oblíquas nos cantos como resultantes da dilatação térmica dos elementos expostos a maior dilatação térmica.

Na Figura 35 nota-se fissuras horizontais, tais fissuras foram vistos anteriormente, Figura 18 – proposto por (Richter, 2007), como resultantes da dilatação térmica da laje.

As Figura 36 e Figura 37 representam em planta a localização das paredes que apresentam a patologia anteriormente descrita.

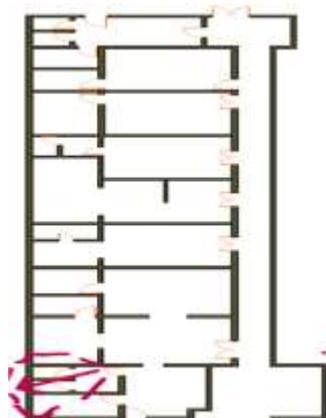


Figura 36. Localização em planta das fissuras devido a variação de térmica (EG)

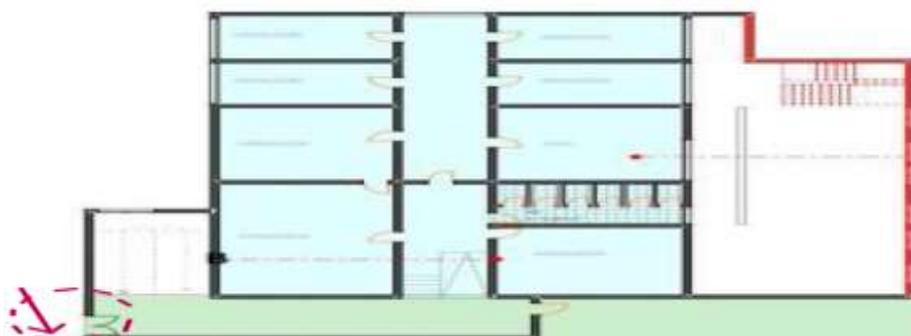


Figura 37. Localização em planta das fissuras devido a variação de temperatura (Cave de BO)

Foi possível notar fissura na laje da cobertura do vestiário da Enfermaria de Ginecologia como ilustrado na Figura 38, Figura 39 e Figura 40.



Figura 38. Fissura na laje da cobertura



Figura 39. Fissura na laje da Cobertura



Figura 40. Fissura na laje da cobertura

Quando analisa-se as imagens é possível notar que a fissura desenvolve-se para além do revestimento (Figura 38). A Figura 40 ilustra uma fissura horizontal na parede, o que leva a concluir que a laje está sujeita a maior solicitação térmica.

Trata-se de uma laje simplesmente apoiada em forma de L, com 29,50 m na maior dimensão e 10,50 m na menor dimensão (Figura 41), os 7 m (Figura 41) estão por

baixo da cobertura de chapa mas a maior dimensão está exposta a elevada variações de temperatura. Os efeitos devido a variação da temperatura na zona coberta é extremamente diferente da zona exposta e isso pode causar danos a laje.

Segundo (REBAP, 2007), podem ser dispensadas os efeitos de variação de temperatura caso os elementos em planta não excedam 30 metros.

Entende-se que seja uma fissura causada por dilatação térmica da laje da cobertura.

A Figura 41 é a representação em planta da patologia anterior representada.



Figura 41. Localização em planta da fissura na laje

4.2. Fissuras devido a corrosão de armadura e descasque de revestimento

No 1º Andar do Edifício Principal foi possível identificar uma trinca horizontal sobre a janela de plástico. Como ilustrado nas Figura 42, Figura 43, Figura 44 e Figura 45.



Figura 42. Fissura no revestimento



Figura 43. Fissura no revestimento



Figura 44. Corrosão de armadura



Figura 45. Possível esmagamento da viga

Nas Figura 42 e Figura 43, nota-se fissuras horizontais, não sendo possível com isso, aferir as possíveis causas foi necessário um pequeno descasque (Figura 44 e Figura 45) e notou-se que o reboco tinha empolado e os varões corroídos e deformados, que é um possível esmagamento da viga. Trata-se de uma viga de 20 x 20 [cm²], mesmo que não seja uma viga estrutural, não deixa de ser importante o seu devido tratamento.

Olhando para as figuras é possível notar o destacamento do revestimento (pintura), e trata-se de uma zona muito agressiva. A viga tem sofrido pela humidade o que leva a corrosão de armadura. A corrosão de armadura, como referido anteriormente aumenta o diâmetro da armadura em 8 vezes causando o destacamento do revestimento.

É de notar o esmagamento que, provavelmente, sofreu antes ou após a corrosão das armaduras.

Também foi possível notar o destacamento e a corrosão das armaduras noutros compartimentos do edifício e na EG como ilustram as figuras abaixo.



Figura 46. Descamação superficial com exposição das armaduras



Figura 47. Descamação superficial com exposição das armaduras



Figura 48. Recobrimento insuficiente



Figura 49. Recobrimento insuficiente

A Figura 46 trata-se de viga da varanda, é uma viga que sofre pela humidade e a mesma infiltra pelo caixilho de madeira. E na Figura 47 nota-se a presença de bolores que são resultado de humidade e as Figura 48 e Figura 49 vê-se ainda a presença de gotículas de água, que infiltram de piso superior. Trata-se de corretes por onde são canalizadas as tubagens de esgoto. É também possível notar a deficiência de recobrimento o que acelera a corrosão de armadura.

Destaca-se aqui as seguintes causas dessa patologia:

- Presença prolongada de água no suporte;
- Recobrimento insuficiente;
- Elevado teor de cloretos.

A Figura 50 mostra a localização em planta do lintel do 1º Andar do Edifício Principal.

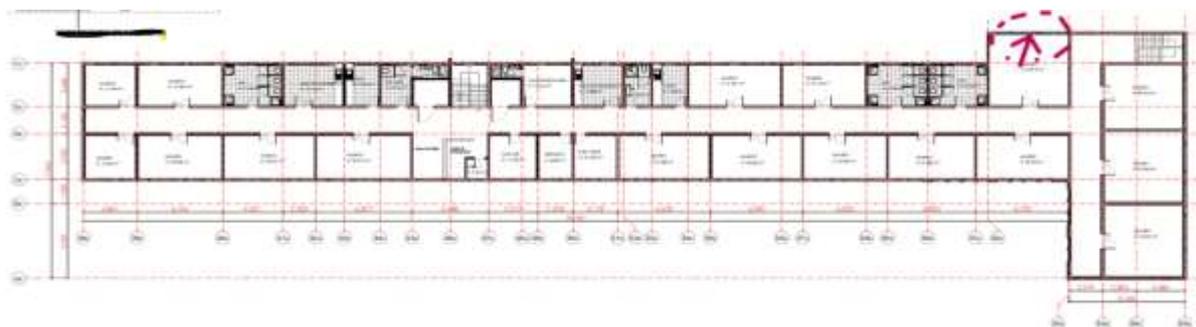


Figura 50. Localização em planta da fissura

As Figura 51 e Figura 52 mostram a localização em planta das patologias acima.

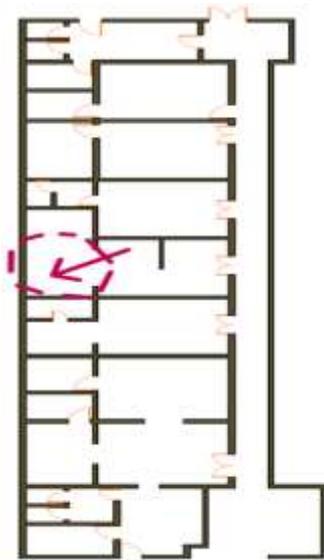


Figura 51. Localização em planta da patologia representada nas Figura 46 e Figura 47.

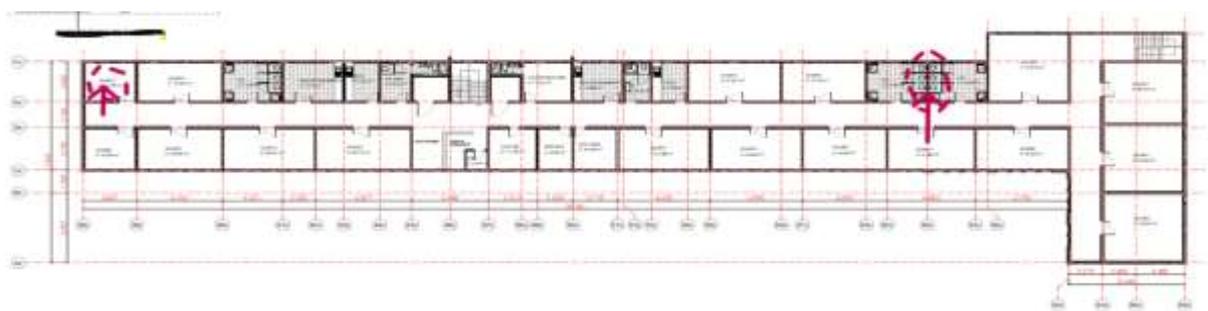


Figura 52. Localização da Patologia representada nas Figura 48 e Figura 49

4.3. Fissuras devido a deformação excessiva das vigas

No BO foi possível notar-se fissuras como ilustram as Figura 53 e Figura 54.



Figura 53 Fissuras horizontais entre a viga e a alvenaria e verticais entre o pilar e parede de alvenaria



Figura 54. Fissuras verticais no encontro entre as duas paredes de alvenarias

Foi solicitada o Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) para fazer uma inspeção detalhada (via científica). Depois dum trabalho exaustivo de análise estrutural e verificações, chegou-se a conclusão de ausência de pilares nalguns pontos, como ilustrado nas Figura 55 até Figura 59.



Figura 55. Detecção do pórtico na zona fissurada alinhamento E



Figura 56. Detecção de falta de pilar e esmagamento de parede no Rés-do-chão do BO (E1)



Figura 57. Detecção da ausência do pilar e o esmagamento da parede na Cave do BO (E2)



Figura 58. Esmagamento entre a parede e a viga G2 (viga apoiada à parede sem pilar)



Figura 59. Inexistência de pilar no canto G8

A Figura 60 representa a localização em planta das patologias descritas acima.

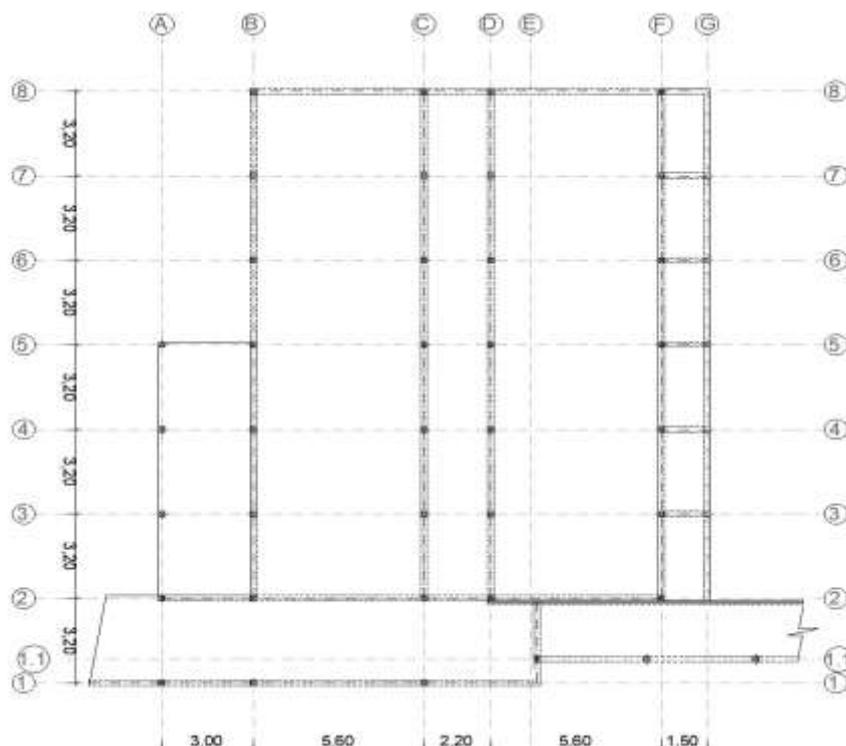


Figura 60. Localização em planta das patologias das figuras nºs 55 - 59

4.4. Infiltrações de humidade nas paredes e tecto

Nas instalações sanitárias do Edifício Principal e nos tubos de queda das águas pluviais, verifica-se uma expressiva presença de humidades nas paredes e nos tectos, o que por sua vez origina um grande número de patologias no edifício, como se pode verificar nas Figura 61, Figura 62 e Figura 63, destacando-se as seguintes:

- Eflorescência e criptoflorescência;
- Empolamentos da pintura;
- Manchas de humidade

Mesmo que se trate de uma patologia não estrutural, mas pode gerar problemas graves estruturais, sendo importante o seu devido tratamento.



Figura 61. Eflorescência e criptoflorescências na parede



Figura 62. Empolamento da pintura



Figura 63. Mancha de humidade

A humidade é causada pela:

- Fuga de água da canalização (Tubos de esgoto, caleiras, tubos de queda);
- Infiltração de humidade pelas juntas do pavimento cerâmico;
- Deficiente isolamento das paredes e pavimentos dos pisos superiores;

As Figura 64 e Figura 65 mostram a localização em planta da humidade em paredes e tecto.

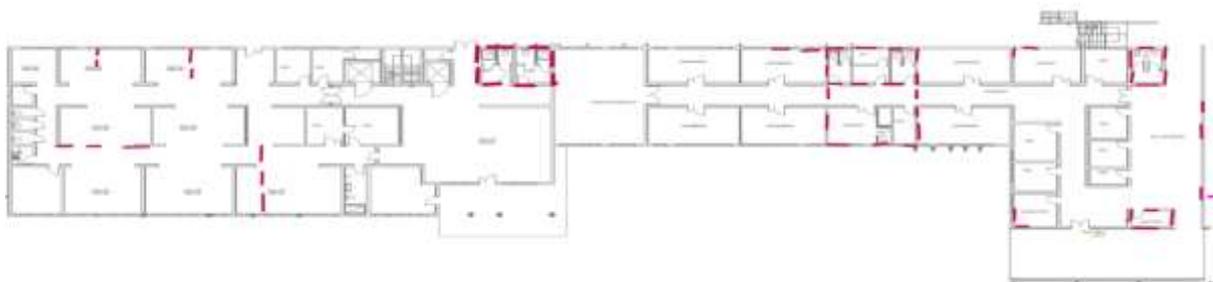


Figura 64. Localização em planta da patologia (Rés-do-chão, EP)

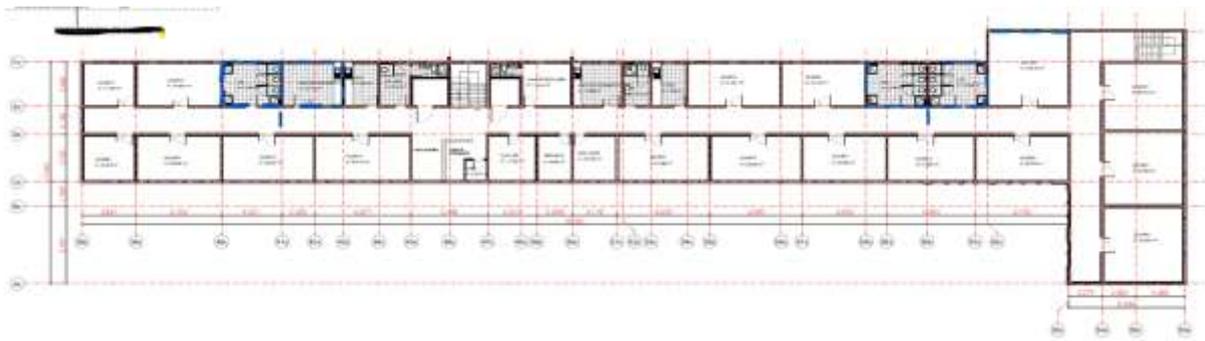


Figura 65. Localização em planta da patologia (1º Andar, EP)

5. PROPOSTA DE TRATAMENTO DE PATALOGIAS

Com este capítulo pretende-se apresentar soluções para a correcção das patologias que os Edifícios em estudo apresentam. As soluções a serem apresentadas serão pormenorizadas passo a passo, com referência as técnicas de execução a serem observadas, marcas comerciais sempre que necessário e as especificações técnicas.

5.1. Fissuração devido a movimentação térmica

A reabilitação das fissuras no vestiário, no reboco exterior da EG e na entrada da cave é de especial complexidade pois está relacionado a elementos estruturais. É sabido que os elementos estruturais sempre estarão sujeitos a movimentação térmica (retracção e expansão). Por isso classificam-se como fissuras activas.

Além de questões técnicas é importante tomar todas as medidas de segurança. Como as patologias encontram-se a uma cota inferior a 3,5 m do pavimento vai ser necessário a montagem de estrutura que possibilite o seu alcance (andaime).

Segundo (Lopes F. R., 2016) e (Pires, 2013) o processo de reabilitação de reabilitação dessas patologias, deverá seguir a seguinte metodologia:

- i. Montagem de andaime devidamente certificado com uma altura que possibilite o alcance das patologias;

- ii. Inspeção do tipo de revestimento existente no paramento, para que seja possível a implementação de um revestimento igual ou compatível com o existente;
- iii. Picotagem do reboco existente na zona fissurada e nas zonas que apresentem sinais de fissuração ou descasque com o auxílio de um martelo eléctrico ou através de uma maceta e um escopro ou ponteiro de pedreiro;
- iv. Limpeza devida na zona picotada e na fissura, não devendo existir nenhum sinal de pó;
- v. Humedecimento do local com o auxílio de uma ferramenta adequada, para que a água contida na argamassa, não seja absorvida pelo substrato;
- vi. Execução do chapisco e do emboço com certos aditivos (como por exemplo Tales Bond) que melhorem a aderência do reboco a parede ou laje;

Depois dessas fases, importa verificar as pequenas diferenças para o caso da patologia verificada no vestiário (Figura 39 e Figura 40), a laje sempre estará sujeita a estes movimentos excessivos, por isso sugere-se a aplicação de material que acompanhe os seus movimentos:

- vii. Preparação na parte superior da fissura e aplicação de Sikaflex PRO – 3, seguindo todas as recomendações do fabricante;
- viii. Depois da selagem, usar-se ferro de risco na parte inferior, depois da execução do reboco para acompanhar os movimentos da laje;

No caso das patologias verificadas na entrada da cave de BO e no reboco exterior de EG:

- vii. Colocação de tela de aço, posicionada perpendicularmente às fissuras para conter os esforços de tracção gerada (Refati, 2013);

Depois da tela de fibra ou tela de aço executa-se o reboco

- ix. Execução da camada de reboco com proporções devidas;
- x. Aplicação de tinta aquosa mate à base de resinas de estireno-acrílica antifogos e anti-algas do tipo PVA;

Segundo (Lopes F. R., 2016), antes da aplicação da tinta é fundamental que a superfície esteja devidamente seca e limpa (livre de poeiras, gorduras e restos de argamassa).

xi. Desmontagem do andaime.

5.2. Infiltrações de humidade nos elementos estruturais

Como visto anteriormente (4.5) a humidade pode levar a deterioração do concreto e a corrosão de armadura, aliás uma das principais causas que levaram a corrosão de armadura nos elementos estruturais encontrados durante o levantamento foi a infiltração de humidade nas zonas de casa de banho, varandas, copas e salas de tratamento, como pode se verificar na Figura 46, Figura 47 e Figura 49.

Nas zonas húmidas (casa de banho, sala de tratamento e corretas), foi feito o seguinte tratamento:

- Remoção do revestimento existente (tijoleira);
- Substituição da tubagem de canalização e abastecimento de água existente;
- Assentamento de nova tijoleira;

Porém há uma grande necessidade de antes de assentamento da tijoleira, impermeabilizar-se a laje. O produto que pode ser usado para impermeabilização das zonas húmidas é a argamassa polimérica (SikaTop – 107 Seal MZ) obedecendo todas as recomendações do fabricante.

Processos de aplicação:

- a) Preparação da superfície – remoção de todas partes soltas do pavimento através da picotagem (usando mareta e ponteiro ou escopro) e de poeira (varrendo com vassoura de aço);
- b) Preparação de massa – a argamassa é um produto bicomponente (parte sólida, cimentícia, e a resina líquida). A mistura deve seguir fielmente as instruções do fabricante. Não se deve adicionar água na mistura.
- c) Aplicação da massa – a aplicação da massa polimérica é feita com uma brocha ou trincha e deve ser aplicada em demãos cruzadas. A atenção nesta fase é para garantir que a massa seja aplicada de maneira uniforme, de forma que não haja pontos heterogéneos na superfície impermeabilizada.

Depois de aplicada a massa impermeabilizante, segue-se a execução da tijoleira.

5.3. Fissuras devido a corrosão de armadura e descasque de revestimento

As Figura 46, Figura 47, Figura 48 e Figura 49 mostram o descasque de revestimento e a exposição de armadura devido a corrosão de armadura.

A reabilitação dessas zonas foi feita da seguinte maneira:

- Montagem de andaime;
- Picotagens da zona solta, sem ferir o betão são;
- Com escova de aço, remover-se a ferrugem na armadura;
- Selagem com argamassa de reboco;

Porém importa proteger a armadura dos agentes agressivos depois de correcção de infiltração de água. Pode ser aplicado o material da Sika na correcção das armaduras e o respectivo acabamento.

A reabilitação dessas zonas, antes da execução de argamassa de reboco deve seguir o seguinte roteiro (Figura 66):

1. Depois de escovar a superfície de aço, é importante a aplicação de inibidor de corrosão para evitar a corrosão (Sika MonoTop – 1010);
2. Depois aplicação de primário de ligação e argamassa de protecção anticorrosivo sustentável para promover a aderência da argamassa de reparação (Sika MonoTop – 1010);
3. Execução de argamassa de reparação para prolongar a vida útil da estrutura (Sika MonoTop – 4012);
4. Por fim argamassa de nivelamento ou selagem de poros para restaurar a durabilidade (Sika MonoTop – 3020);
5. Desmontagem de andaime.



Figura 66. Fases de execução de produto da Sika

Observando as Figura 42, Figura 43 e Figura 44, nota-se uma fissura causada pela corrosão de armadura. Foi possível também notar o esmagamento da viga/lintel, mesmo que não seja estrutural não deixa de ser importante a sua correção pois pode voltar a incomodar ao usuário (devido a aparição de fissuras).

A viga/lintel encontra-se apoiada nas extremidades do vão da janela em parede de alvenaria. A viga/lintel actualmente está com as seguintes propriedades:

- Dimensões: 20x20 [cm²];
- Varões longitudinais: 4Ø8 = 2,5 cm²;
- Estribos: Ø6@200
- Comprimento do vão da janela: 3,50 m
- Betão: C20/B25
- Aço: A235 – $f_{cd} = 204$ MPa

Considerando-se as mesmas dimensões da viga, fez-se o redimensionamento da viga como ilustra a figura abaixo.

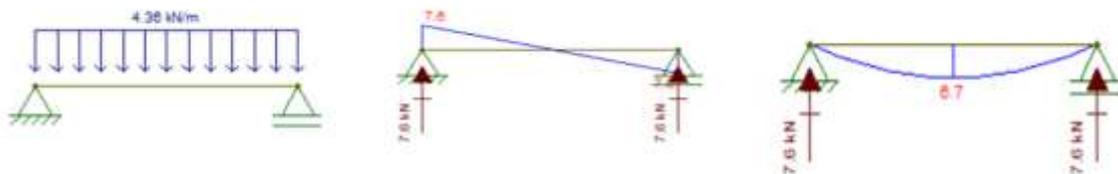


Figura 67. Dimensionamento da viga/lintel

$$M_{sd} = 10,05 \text{ kNm e } V_{sd} = 11,4 \text{ kN}$$

Flexão simples duplamente armado (Lima, Monteiro, & Mun, 2004):

$$\mu = 0,137 \rightarrow A_s = A' = 3,1 \text{ cm}^2 \rightarrow 6\phi 8@200$$

Considerando as mesmas condições, esforços actuantes, não verifica o estado limite último, sendo excedido em 67%. Há necessidade de se fazer reforço da viga em lintel, para evitar a continuidade dos fenómenos de esmagamento da viga.

Será feito o alargamento da base da viga em 5 cm passando desse modo para 25 cm, porém mantendo a altura existente.

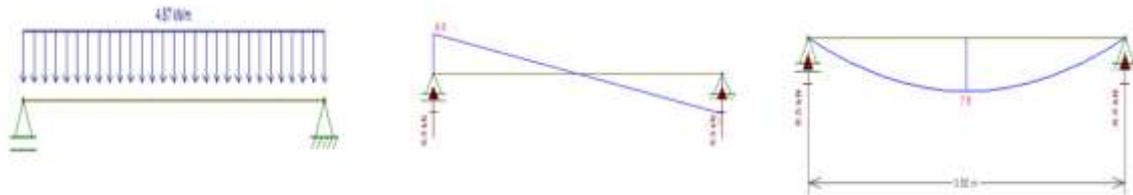


Figura 68. Esforços actuantes na viga/lintel

$$M_{sd} = 11,25 \text{ kNm e } V_{sd} = 12,75 \text{ kN}$$

Flexão simples duplamente armado - (Lima, Monteiro, & Mun, 2004)

$$\mu = 0,137 \rightarrow A_s = A' = 2,91 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 8 + 2\phi 12$$

Os estribos serão de $\phi 6@100$, temos abaixo a pormenorização da viga/lintel.

Roteiro de execução da viga (Figura):

- i. Montagem de andaime;
- ii. Remoção do betão deteriorado sem ferir o são, decapagem e lavagem das armaduras;
- iii. Com escova de aço, remover-se a ferrugem dos varões antes de lavagem;
- iv. Amarração de varões de reforço, que será feita através de perfuração com broca de 6 mm para passagem de estribos e nos cantos ser executado os varões longitudinais de 12 mm;
- v. Aplicação de inibidor de corrosão para evitar a corrosão dos varões existentes e de reforço (Sika MonoTop – 1010);
- vi. Cofragem da viga e depois execução de primário de ligação e argamassa de protecção anticorrosivo sustentável para promover a aderência da argamassa de reparação (Sika MonoTop – 1010);

- vii. Preparação da massa (Sikagrout – 295 ZA) seguindo todas as recomendações do fabricante;
- viii. Execução da massa;
- ix. Desmontagem de andaime.

5.4. Fissuração devido a deformação excessiva de elementos estrutura

Observando as figuras de 57 à 61, para se evitar a continuidade dos fenómenos de esmagamento das paredes nessa zona, foi feito o dimensionamento e a verificação do pórtico como ilustra Figura 69 e Figura 70. O reforço será em betão e em perfil metálico. Ele será executado de modo a não se afectar a estrutura existente, pois isso pode vir a causar outros tipos de patologias.

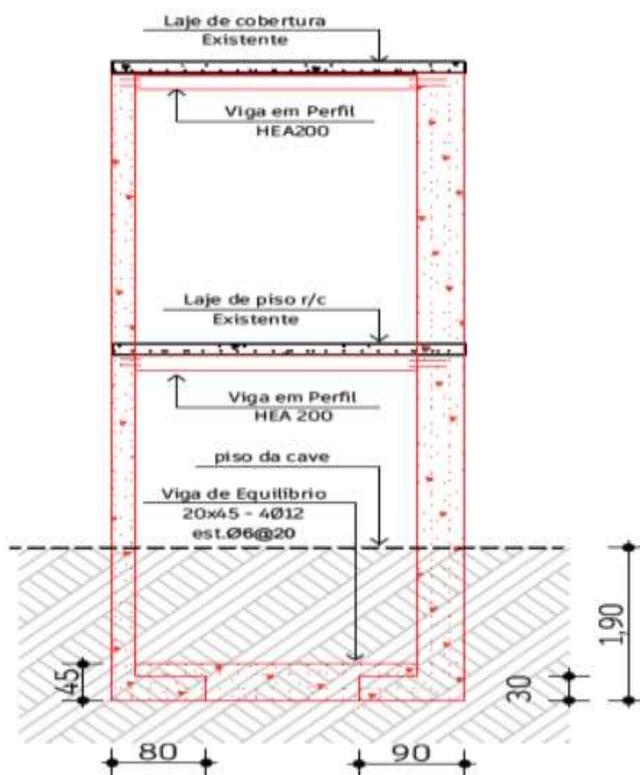


Figura 69. Pórtico de reforço ao alinhamento E

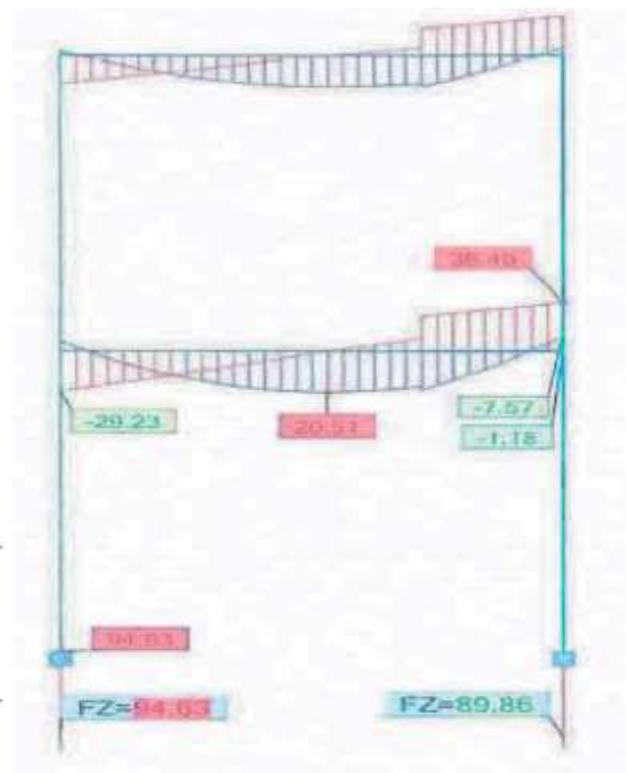


Figura 70. Esforços actuantes no pórtico

Viga: $M_{sd} = 20,51 \text{ kNm}$ e $V_{sd} = 36,49 \text{ kN}$

Pilar: $F_{z,sd} = 94,63 \text{ kN}$

Foi feita a verificação dos elementos de reforço:

- Verificação da flexão da viga metálica HEA200

$$\sigma_{sd} = \frac{M_{sd}}{W_x} = \frac{20,51 \text{ kNm}}{389 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 52,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = 52,72 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 235 \text{ MPa} \text{ ok!}$$

- Verificação da rotura de parafuso de ancoragem da viga pelo corte

$$\tau_{sd} \leq \tau_{rd}, \tau_{rd} = 0,7f_{yd} \quad \tau_{sd} = \frac{F_{z,sd}}{4A_{\phi M16}} = \frac{94,63 \text{ kNm}}{4 \times 190 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 124,51 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sd} = 124,51 \text{ MPa} \leq \tau_{rd} = 164,5 \text{ MPa} \text{ ok!}$$

- Verificação da segurança dos pilares

$$N_{rd} = 0,85f_{cd}A_c + f_{syd}A_s$$

$$N_{rd} = 0,85 \times 13,3 \times 10^3 (0,2 \times 0,4) + 348 \times 10^3 \times 12,06 \times 10^{-4} = 904,4 \text{ kN}$$

$$F_{z,sd} = 94,63 \text{ kN} \leq N_{rd} = 904,4 \text{ kN} \text{ ok!}$$

- Verificação da tensão instalada no solo

Considera-se tensão uniforme pela contribuição da viga de equilíbrio e tensão admissível 150 kPa.

$$\sigma_{sd} = \frac{F_{z,sd}}{A_c} = \frac{94,63}{0,8 \times 0,9} = 131,43 \text{ kPa} \leq 150 \text{ kPa} \text{ ok!}$$

Abaixo o roteiro da execução do reforço em causa:

- Escavação na cave para a execução das sapatas, compactação do solo e colocação de betão de limpeza;
- Execução de cofragem de sapatas e viga de equilíbrio;
- Execução de malhas de sapatas, viga de equilíbrio e pilares;
- Betonagem de sapatas e viga de equilíbrio, sendo devidamente vibrado;

- v. Perfuração da laje do pavimento do Rés-do-chão do BO e execução da malha dos pilares;
- vi. Cofragem dos pilares e posterior betonagem, sendo devidamente vibrados;
- vii. Após atingir a cura e a resistência (28 dias), executa-se o reboco, e depois de atingir a resistência é executada a viga em perfil INP. Para a sua execução, é necessário acautelar-se a ancoragem da laje e seguir-se todas as recomendações técnicas;
- viii. Aplicação de tinta aquosa mate à base de resinas de estireno-acrílica antifogos e anti-algas do tipo PVA para os elementos em betão, para a viga em perfil INP é necessário aplicar anticorrosivo antes de aplicação da tinta esmalte base.

Por ser uma laje aligeirada, as zonas de travessia da laje coincide com as zonas de abobadilha para não fragilizar a laje existente (Figura 71).

O pilar P2E vai cessando a medida que vai encontrando as vigas existentes, para servir-lhe de apoio e evitar a continuidade de esmagamento de parede (Figura 72).



Figura 71. Passagem do pilar P1E pela laje da cave



Figura 72. Execução das malhas de sapatas, viga de equilíbrio e pilares



Figura 73. Betonagem de sapatas e viga de equilíbrio

As Figura 58 e Figura 59 mostram zonas com ausência de pilares, as vigas estão apoiadas na parede de alvenaria.

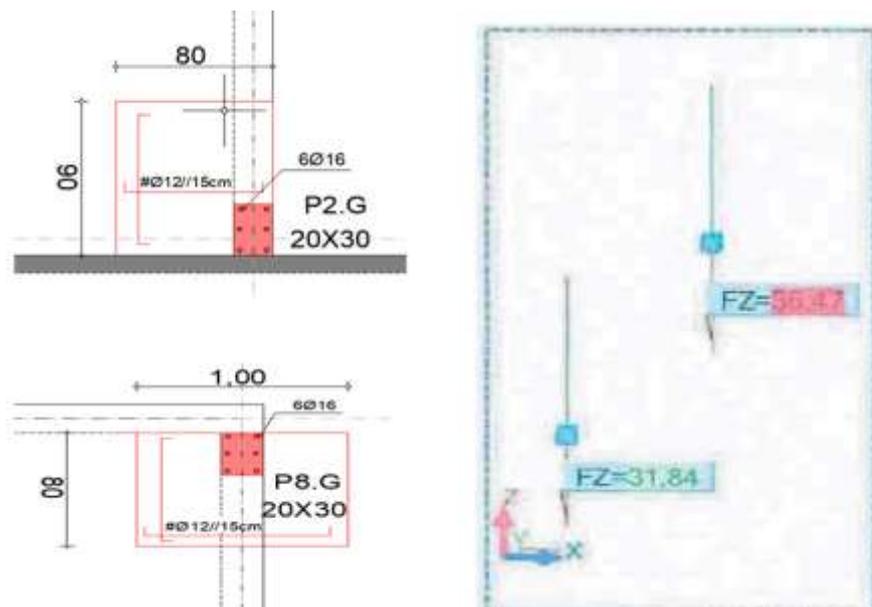


Figura 74. Dimensionamento do reforço do alinhamento G

$$\text{Pilar P8G: } F_{z,sd} = -36,47 \text{ kN}$$

$$\text{Pilar P2G: } F_{z,sd} = -31,84 \text{ kN}$$

Foi feito a verificação dos elementos de reforço:

➤ Verificação da segurança dos pilares

$$N_{rd} = 0,85f_{cd}A_c + f_{syd}A_s$$

$$N_{rd} = 0,85 \times 13,3 \times 10^3 (0,2 \times 0,4) + 348 \times 10^3 \times 12,06 \times 10^{-4} = 904,4 \text{ kN}$$

$$F_{z,sd} = 36,47 \text{ kN} \leq N_{rd} = 904,4 \text{ kN ok!}$$

➤ Verificação da tensão instalada no solo

Considera-se tensão uniforme pela contribuição da viga de equilíbrio e tensão admissível 150 kPa.

$$\sigma_{sd} = \frac{F_{z,sd}}{A_c} \pm \frac{F_{z,sd} \times e_x}{w_x} \pm \frac{F_{z,sd} \times e_y}{w_y}$$

$$\sigma_{sd,P8G} = \frac{36,47}{0,8 \times 1,0} + \frac{36,47 \times 0,3}{0,8^2 \times \frac{1}{6}} = 134,1 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{sd,P8G} = \frac{31,84}{0,8 \times 0,9} + \frac{31,84 \times 0,3}{0,9^2 \times \frac{0,9}{6}} = 121,93 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{sd} = 134,1 \text{ kPa} \leq 150 \text{ kPa ok!}$$

Abaixo o roteiro da execução do reforço em causa:

- i. Escavação na cave para a execução das sapatas, compactação do solo e colocação de betão de limpeza;
- ii. Execução de cofragem de sapatas;
- iii. Execução de malhas de sapatas e pilares;
- iv. Betonagem de sapatas, sendo devidamente vibrado;
- v. Descasque do reboco na viga que será apoiada nos pilares de reforço;
- vi. Cofragem dos pilares e posterior betonagem, sendo devidamente vibrados com vibrador de imersão;
- vii. Após atingir a cura e a resistência (28 dias), é executado o reboco;
- viii. Aplicação de tinta aquosa mate à base de resinas de estireno-acrílica antifogos e anti-algas do tipo PVA.

6. CONCLUSÃO

A realização de estágio no Hospital Geral José Macamo pelo estudante, para a realização do presente relatório tornou-se numa experiência muito importante para uma futura vida profissional na área de Engenharia Civil, pois possibilitou um contacto directo com algumas realidades da construção civil.

O acompanhamento dos trabalhos executados pela empreitada permitiu ao estudante compreender os processos construtivos e a exigência de diversos materiais utilizados durante a execução. Isso veio a complementar alguns conhecimentos adquiridos no percurso académico.

Não basta construir o edifício e deixá-lo livre para o uso, há uma necessidade de acompanhar a sua evolução durante a vida útil, de modo a eliminar as patologias antes que evoluam. A unidade contratante deve eleger uma equipe de inspecção, para fazer avaliações periódicas no edifício para prolongar a sua vida útil, garantindo a segurança e o conforto do usuário.

Constatou-se que nem sempre é possível aferir as causas pela via empírica, sendo necessário para alguns casos seguir a via científica como foi o caso das patologias encontradas no BO. E por outro lado uma simples inspecção visual é impossível a compreensão das causas para o aparecimento de algumas patologias, daí ter havido necessidade de recorrer a outros meios de inspecção como descasque do revestimento, como foi o caso da viga lintel do 1º Andar do EP e a confirmação da inexistência do pilar num dos cantos do BO.

Algumas patologias foram tratadas de maneira superficial, sem ter em conta as suas causas, torna-se um trabalho de pouca duração, como no caso de infiltrações de humidade nas zonas húmidas. É importante um tratamento que vai ao encontro da causa para prolongar o tempo de vida útil do edifício.

Em suma foram encontradas as seguintes patologias estruturais: A corrosão de armadura; A deformação excessiva dos elementos estruturais causando o esmagamento dos elementos não estruturais; Dilatação térmica da laje de cobertura; Infiltrações pelos elementos estruturais. Elas foram causadas

respectivamente pela humidade e deficiência de recobrimento, pela insuficiência de projecto, pela elevada solicitação térmica e pela fuga de água da canalização.

O seu tratamento como no caso da corrosão de armadura, não basta a substituição de tubagem existente, é necessário incluir-se a impermeabilização do piso (nas áreas húmidas) para evitar a transferência de humidade, tratar as armaduras com anticorrosivo de modo a estancar a propagação de corrosão nas armaduras afectadas.

A deformação excessiva das vigas recorreu-se ao reforço da estrutura para o seu tratamento, através de elementos de betão (pilares) e perfis metálicos (algumas vigas).

Em geral foram executados em betão armado, os reforços da estrutura, com excepção de algumas vigas em perfis metálicos (HEA) e argamassas reforçadas para o caso do descolamento devido a elevada solicitação térmica. Foram propostas alguns produtos da Sika de alta qualidade para melhorar e prolongar o tempo de vida útil do Edifício. Por tratar-se de patologias encontradas em elevada altura é indispensável o uso de andaime. Foram também usados equipamentos como betoneira, vibrador de imersão, compactadores para o caso das fundações, entre outros para uma execução segura e com qualidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaral, V. L. (2019). Patologias não Estruturais - Estudo de Caso do Portugal dos Pequenitos. Portugal.
2. Angelo, A. M. (2004). Análise das Patologias das Estruturas em Concreto Armado do Estádio Magalhães Pinto - Mineirão. Belo Horizonte.
3. Correia, S. F. (2014). Catálogo de técnicas de diagnóstico em elementos estruturais de edifícios correntes em betão armado. Portugal.
4. Ferreira, D. M., & Garcia, G. (2016). Patologia de Revestimentos Históricos de Argamassa: O caso da acção da água na Igreja de São Francisco da Prainha, Rio de Janeiro . Goiânia.
5. Ferreira, J. A. (2010). Técnicas de Diagnóstico de Patologias em Edifícios. Portugal.
6. Gonçalves, E. A. (2015). Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações. Rio de Janeiro.
7. Lima, D., Monteiro, V., & Mun, M. (2004). Betão Armado - Esforços Normais e de Flexão. Lisboa: 6a Edição.
8. Lima, E. M. (2020). Avaliação das Principais Manifestações Patológicas em Edifícios Escolares de Goiânia-Go: Estudo de Caso em Escolas Públicas Municipais. Goiânia.
9. Lopes, F. R. (2016). Levantamento de Patologias e Reabilitação do Edifício 21B do Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa. Lisboa.
10. Magalhães, E. F. (2004). Fissuras em Alvenarias: Configurações Típicas e Levantamento de Incidências no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
11. Mendes, M. H. (2022). Manifestações Patológicas nas Alvenarias de Vedação com Blocos Cerâmicos. Goiânia.
12. Pires, J. R. (2013). Patologias na construção dos edifícios. Caso de estudo, edifício da FICASE na Cidade de Praia. . Cabo Verde.

13. REBAP. (2007). Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado. s.l. : Decreto-Lei nº 349-c/83, de 30 de julho e Decreto-Lei nº 128-99, de 21 de Abril. Porto Editora.
14. Refati, K. K. (2013). Inspeção em Estrutura de Alvenaria em Blocos Estruturais. Paraná.
15. Richter, C. (2007). Qualidade da Alvenaria Estrutural em Habitações de Baixa Renda: Uma Análise da Confiabilidade e da Conformidade. Porto Alegre.
16. Santos, J. C. (2021). Manifestações Patológicas na Construção: estudo de caso em residências do município de Crisópolis (BA). Paripiranga.
17. Silva, D. F. (2016). Estudo de Patologias, Recuperação e Reparo, nas Estruturas de Concreto. Patos de Minas - MG.
18. Silva, L. B. (2013). Patologias em Alvenaria Estrutural: Causas e Diagnóstico. Brasil.
19. Sousa, I. F. (2016). Princípios da Reabilitação de Edifícios. Aplicação a casos de estudo. Lisboa.
20. Souza, V. C., & Ripper, T. (2009). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: 1ª edição, 5ª tiragem.
21. Ruivo, A. D. et al (2012). Inspeção, Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Paredes. Patologia e Reabilitação da Construção. IST, DECivil, GE&TEC. Lisboa.

8. ANEXOS

Anexo 1 – Processos Construtivos

Anexo 2 – Pormenorização do reforço estrutural

Anexo 3 – Desenhos em Planta do Edifício

Anexo 1 – Processos Construtivos

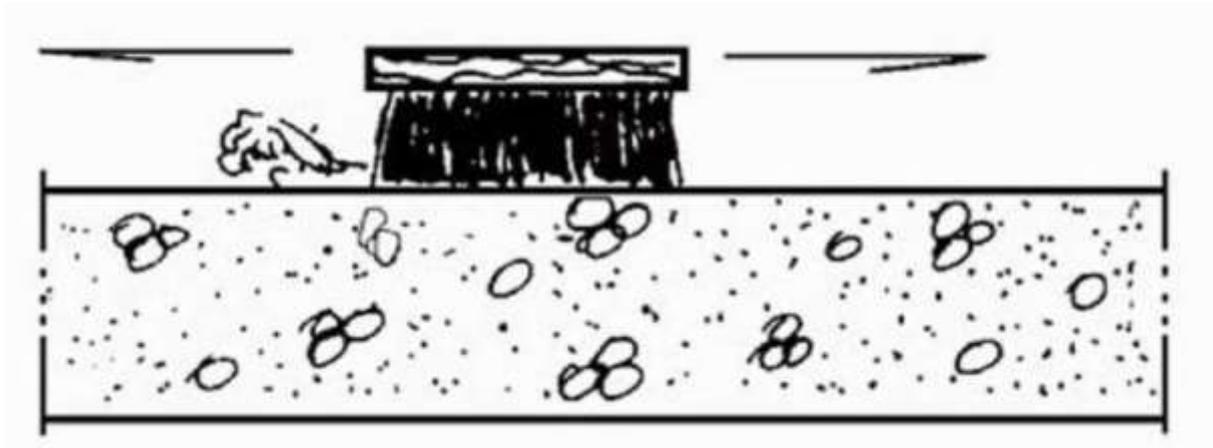


Figura A1. 1 – Limpeza com escova de aço

Fonte: (Souza & Ripper, 2009)

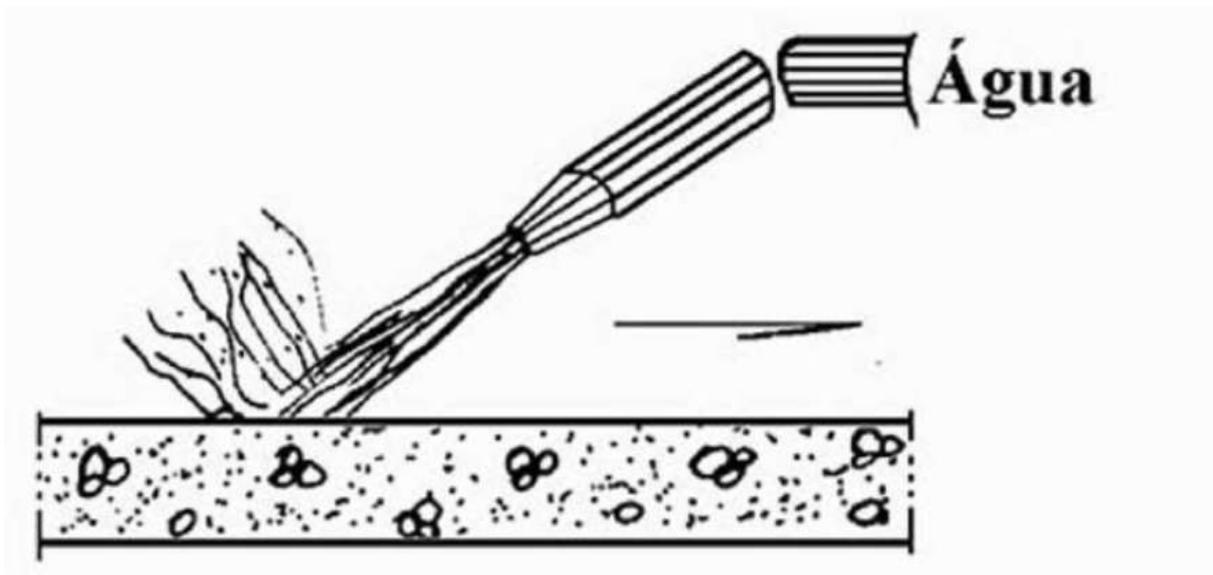


Figura A1. 2 – Limpeza por aplicação de jato de água

Fonte: (Souza & Ripper, 2009)

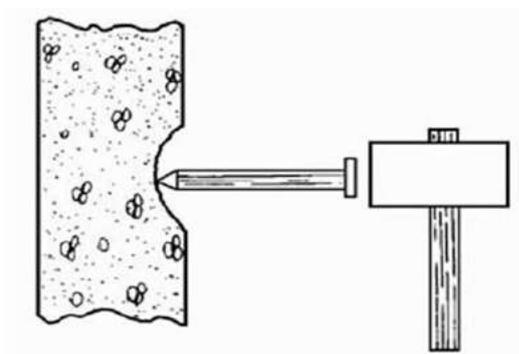


Figura A1. 3 – Picotagem manual do betão degradado nos elementos estruturais

Fonte: (Souza & Ripper, 2009)

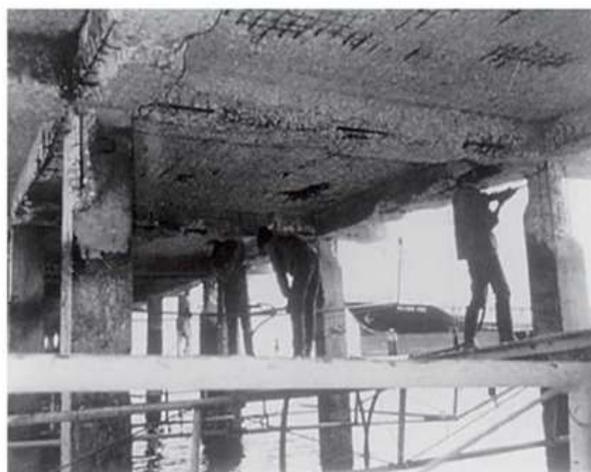
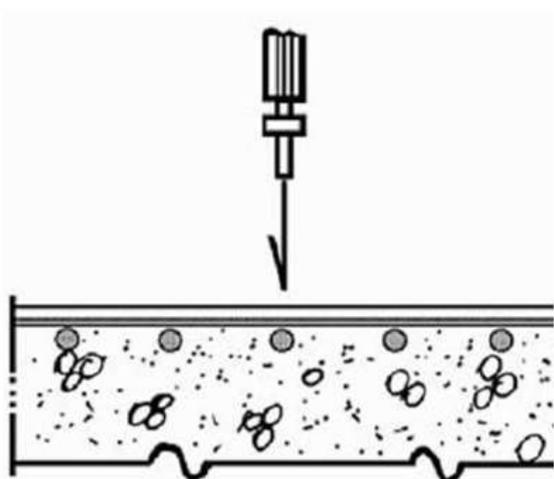


Figura A1. 4 – Picotagem mecânica (usando martelo eléctrico) do betão degradado nos elementos estruturais

Fonte: (Souza & Ripper, 2009)

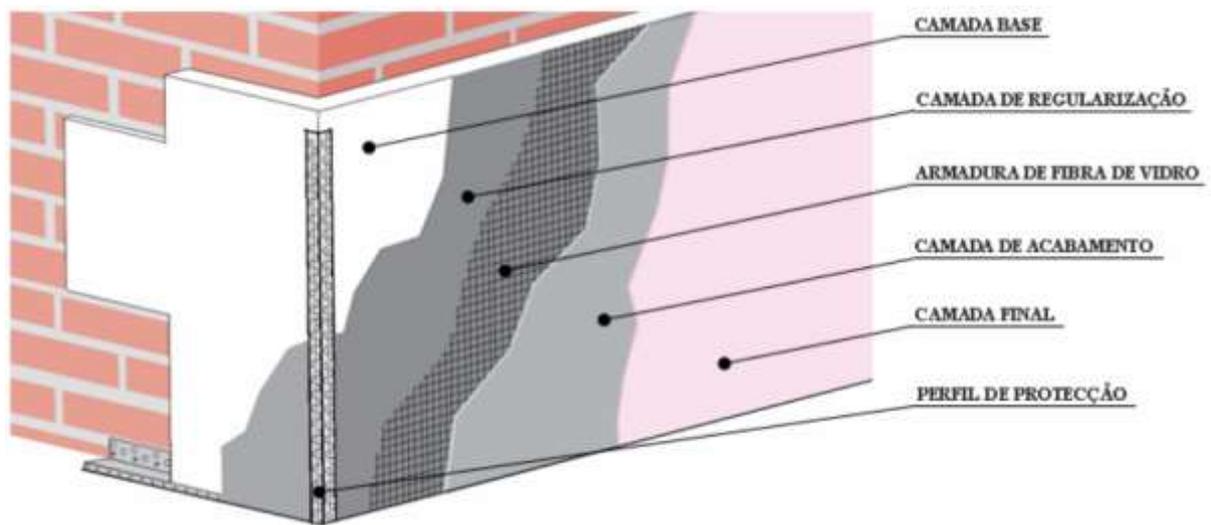
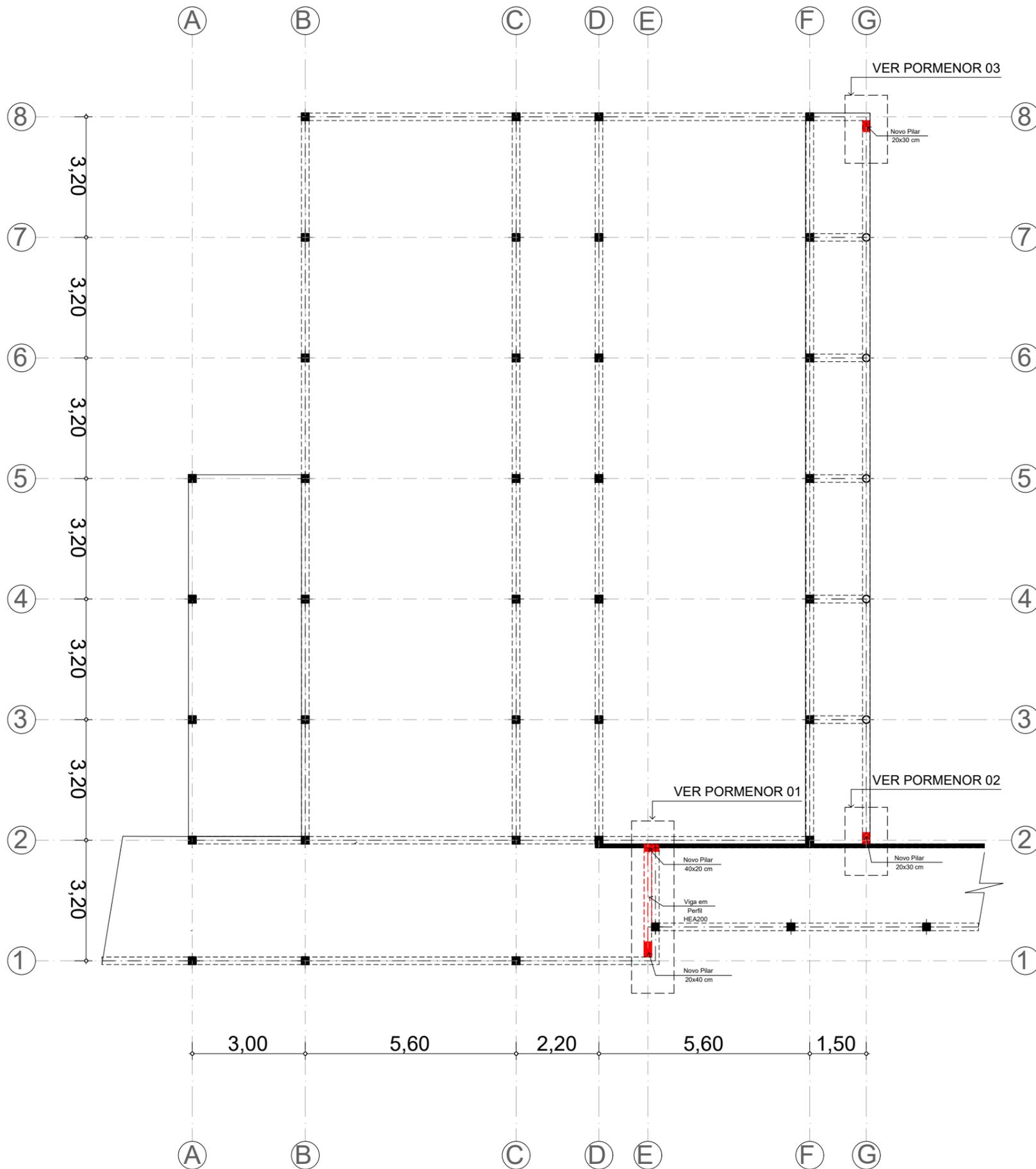
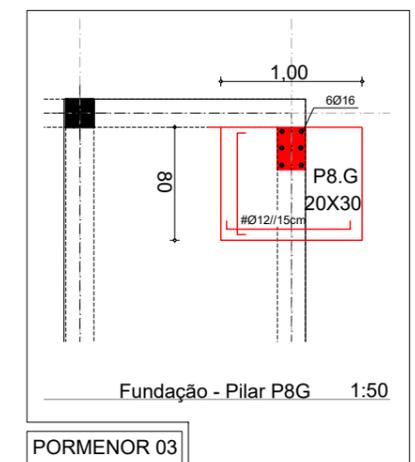
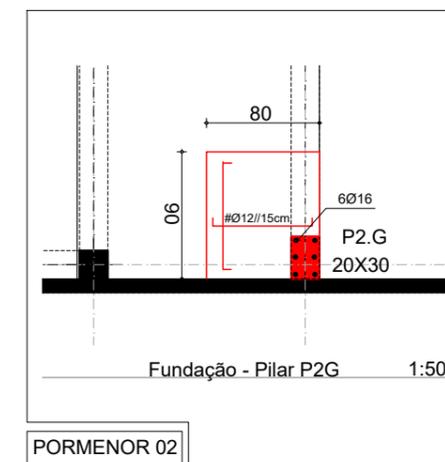
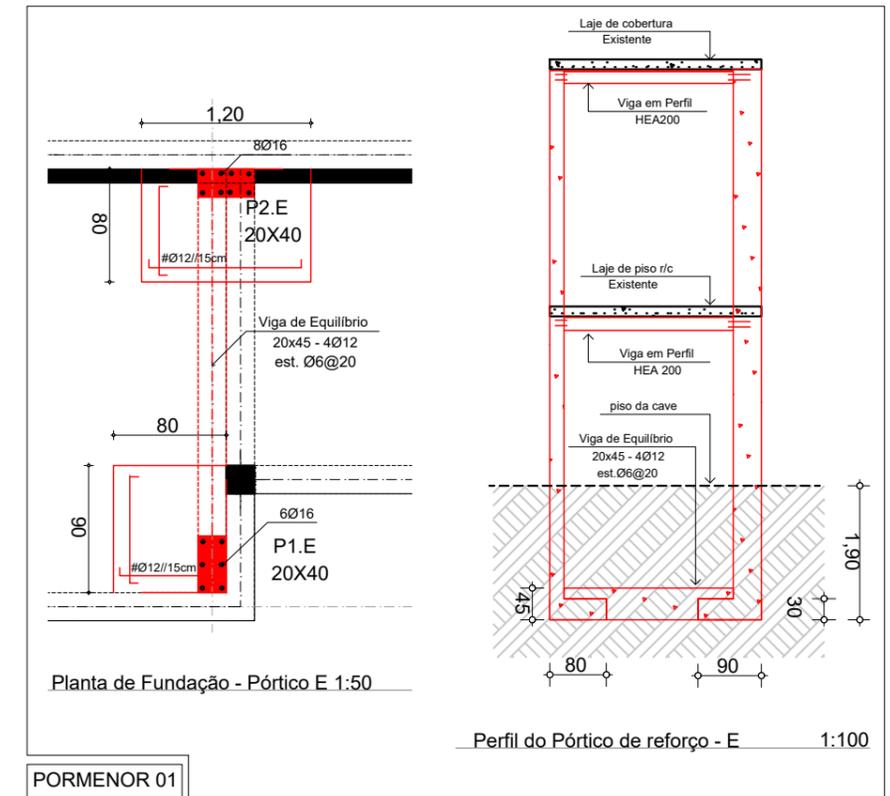


Figura A1. 5 – Execução de fibra de vidro ou tela de aço

Fonte: (Gonçalves, 2015)



Planta Geral da Estrutura do Edifício - Cave - Nível 0.0 m 1:120



Projecto : Requalificação do Bloco Operatório do Hospital Geral José Macamo - Maputo
 Proprietário :

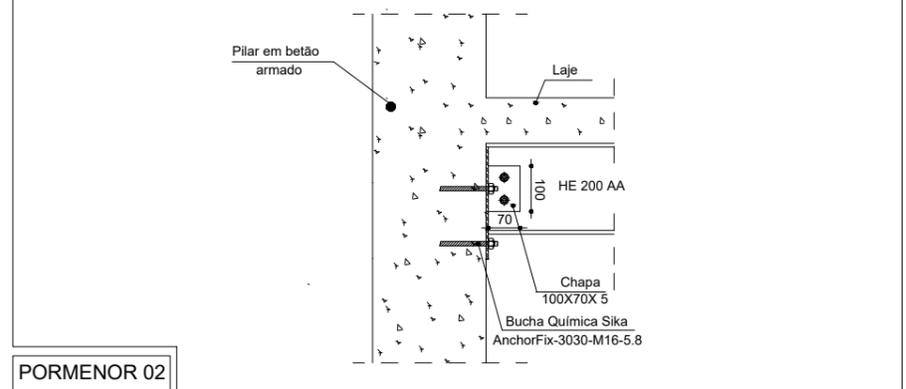
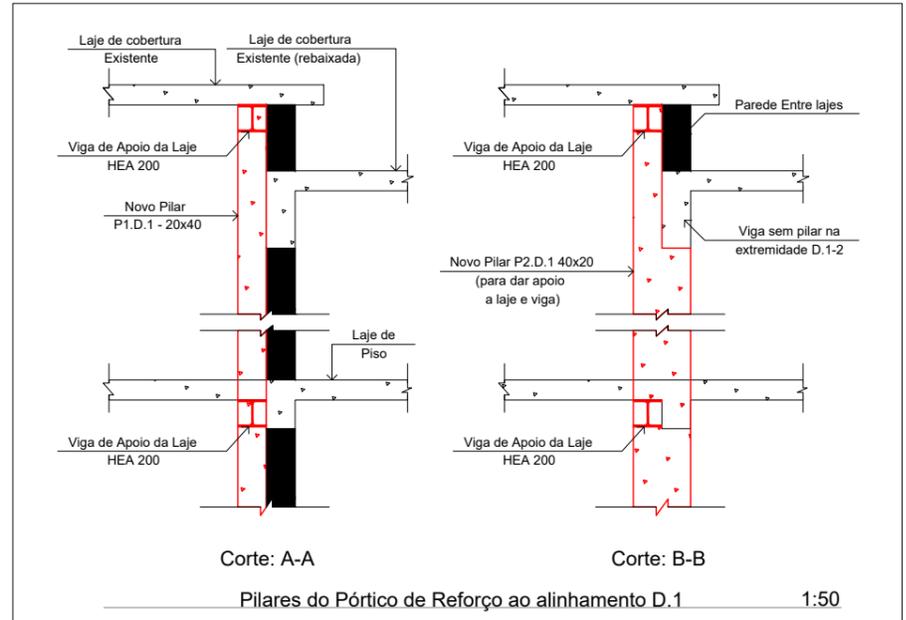
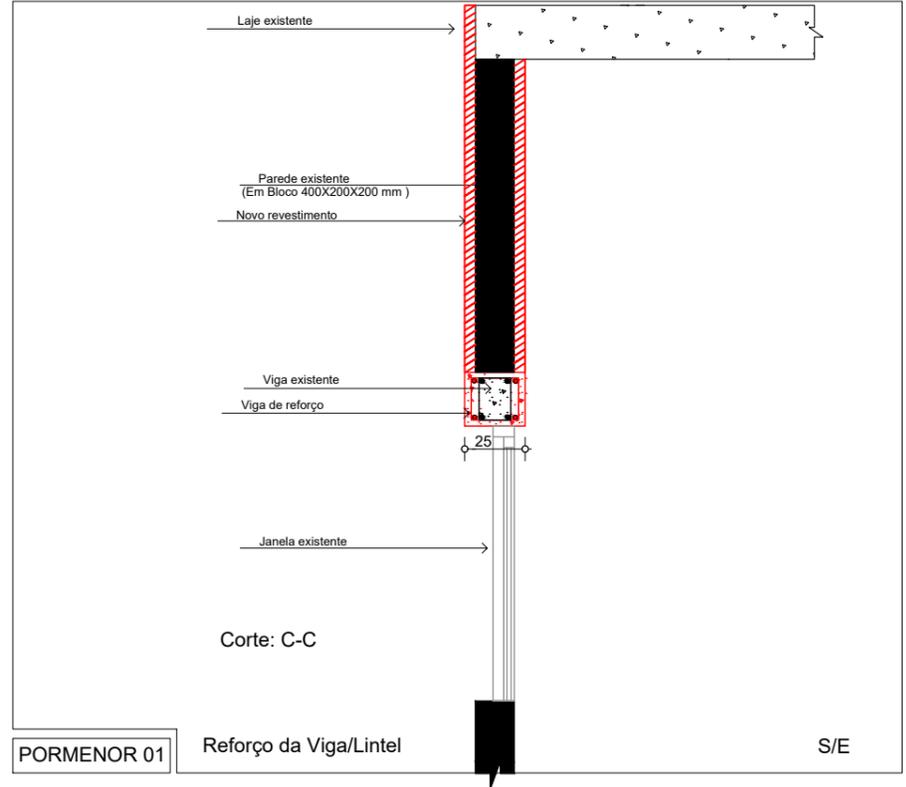
Empreiteiro:
 Canol Construções, EI
 Projecto de Reforço:

Titulo: Otimização Estrutural do Projecto
 Desenho: Plantas e Pormenores de Reforço Estrutural - Cave e Rés do Chão
 Engenharia : _____
 Escala: _____
 Revisão: _____
 Folha form: A3
 Data: 24/01/2023
 Estágio: Proj. Base - Pormenor
 Unidade: m
 Proj. cod: _____

Estágio do Projecto:
Execução
 Especialidade:
 Estrutura
 Pag: A2.1



Planta de Cobertura com Indicação da Zona de Apliação / Transição de lajes - Nível 3.2 - 3.8 m 1:120



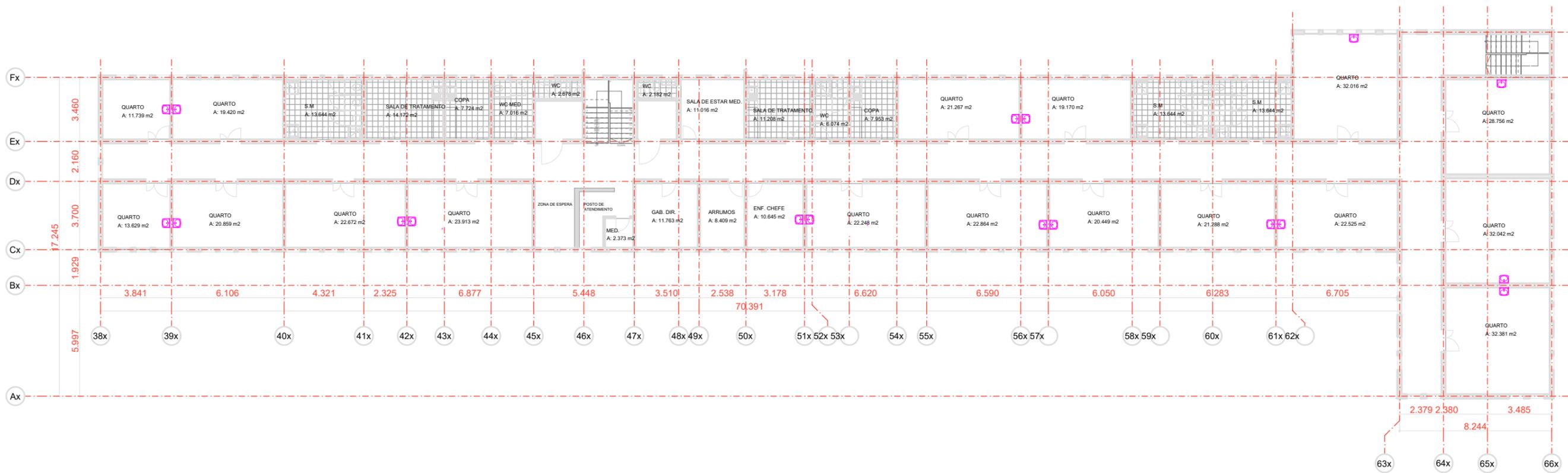
PORMENOR 02

Projecto : Requalificação do Bloco Operatório do Hospital Geral José Macamo - Maputo
 Proprietário :
MINISTÉRIO DA SAÚDE

Empreiteiro:
 Canol Construções, EI
 Projecto de Reforço:

Título: Optimização Estrutural do Projecto
 Desenho: Portico de Reforço - Reforço do Apoio da Laje maciça e Reforço da Viga/Lintel
 Engenharia :
 Desenho: _____ Escala: _____ Estágio: Proj. Base - Pormenor
 Revisão: _____ Unidade: m Proj. cod: _____
 Folha form: A3
 Data: _____
 Estágio: Proj. Base - Pormenor

Estágio do Projecto:
Execução
 Especialidade:
 Estrutura
 Pag: A2.2

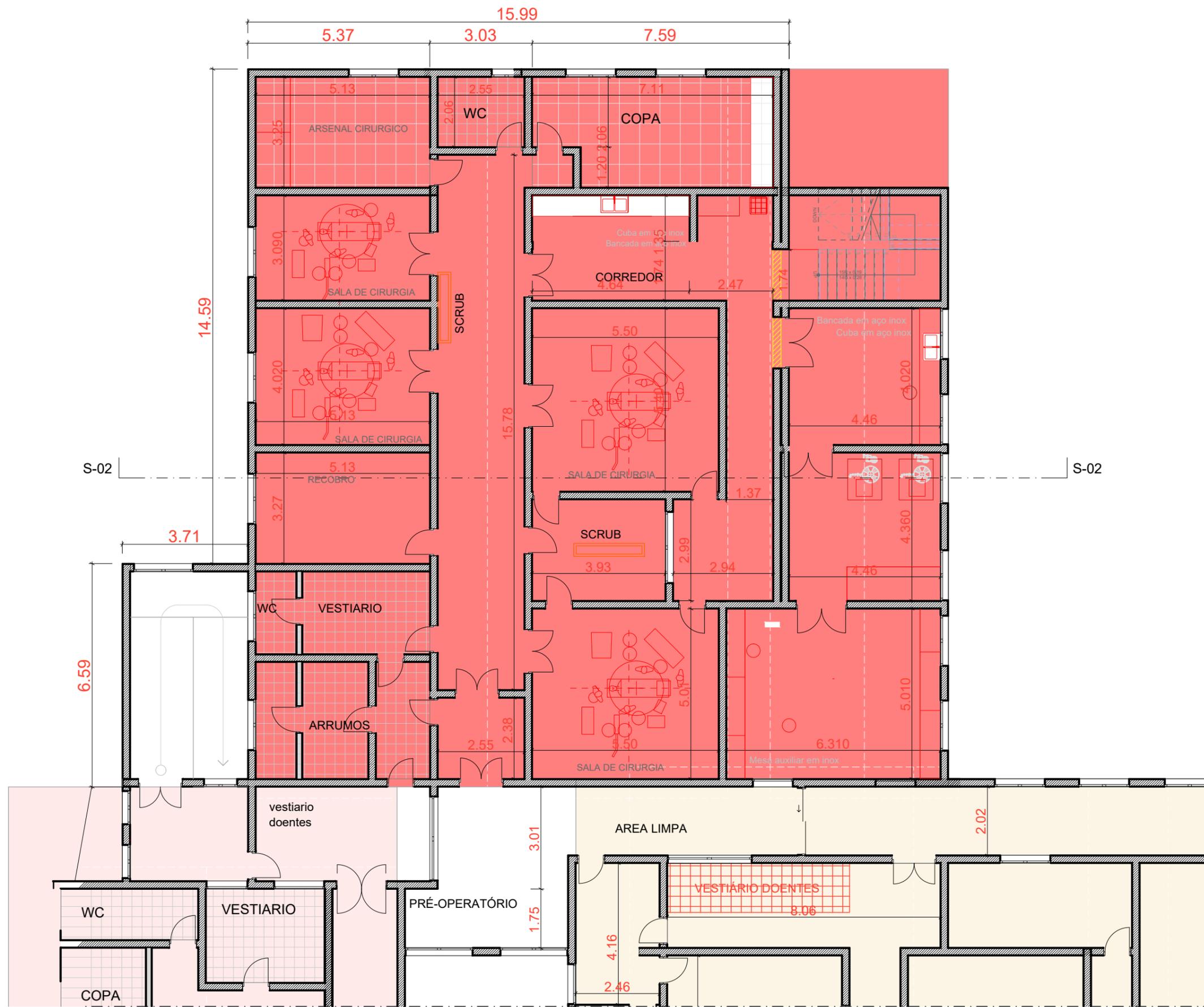


Projecto : Requalificação do Bloco Operatório do Hospital Geral José Macamo - Maputo
 Proprietário :
MINISTÉRIO DA SAÚDE

Empreiteiro:
 Canol Construções, EI
 Projecto de Reforço:

Título: Projecto tipo de Arquitectura Edifício Principal
 Desenho: Piso 1, 2 e 3
 Engenharia : _____ Folha form: A3 Data: _____
 Desenho: _____ Escala: S/E Estágio: Proj. Base - Pormenor
 Revisão: _____ Unidade: m Proj. cod: _____

Estágio do Projecto:
Execução
 Especialidade:
 Estrutura
 Pag: A3.1

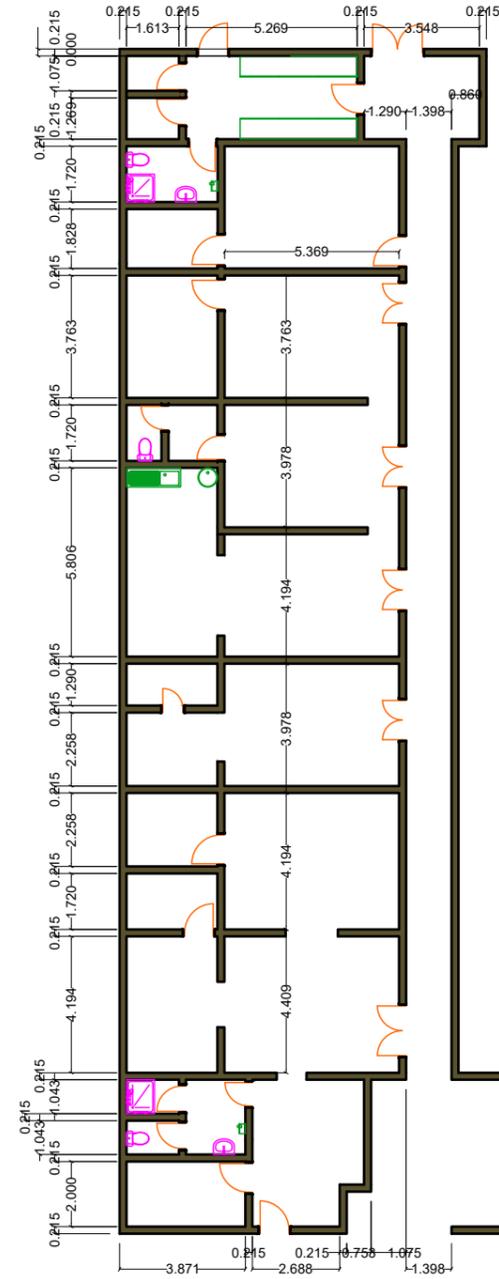


Projecto : Requalificação do Bloco Operatório do Hospital Geral José Macamo - Maputo
 Proprietário :
MINISTÉRIO DA SAÚDE

Empreiteiro:
 Canol Construções, EI
 Projecto de Reforço:

Título: Projecto tipo de Arquitectura Bloco Operatório		
Desenho: Res-de-Chao		
Engenharia :	Folha form: A3	Data:
Desenho: _____	Escala: S/E	Estágio: Proj. Base - Pormenor
Revisão: _____	Unidade: m	Proj. cod: _____

Estágio do Projecto:
Execução
 Especialidade:
 Estrutura
 Pag: A3.2

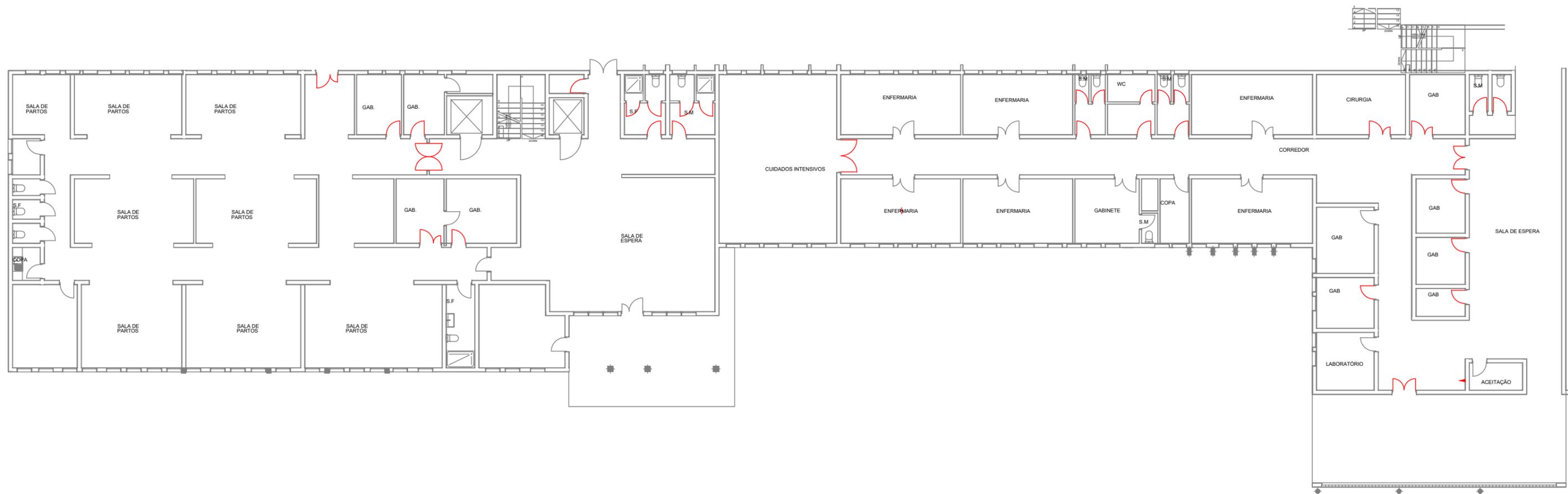


Projecto : Requalificação do Bloco Operatório do
Hospital Geral José Macamo - Maputo
Proprietário :
MINISTÉRIO DA SAÚDE

Empreiteiro:
Canol Construções, EI
Projecto de Reforço:

Título: Projecto tipo de Arquitectura Enfermaria de Maternidade
Desenho: Res-de-Chao
Engenharia : _____
Desenho: _____
Revisão: _____
Folha form: A3
Escala: S/E
Unidade: m
Data: _____
Estágio: Proj. Base - Pormenor
Proj. cod: _____

Estágio do Projecto:
Execução
Especialidade:
Estrutura
Pag: A3.3



Projecto : Requalificação do Bloco Operatório do Hospital Geral José Macamo - Maputo
 Proprietário :
MINISTÉRIO DA SAÚDE

Empreiteiro:
 Canol Construções, EI
 Projecto de Reforço:

Título: Projecto de Arquitectura de Res-do-chao de Edifício Principal
 Desenho: Res-de-chao
 Engenharia : _____
 Desenho: _____
 Revisão: _____
 Folha form: **A3**
 Escala: **S/E**
 Unidade: **m**
 Data: _____
 Estágio: **Proj. Base - Pormenor**
 Proj. cod: _____

Estágio do Projecto:
Execução
 Especialidade:
 Estrutura
 Pag: **A3.4**