

Matos, E. M. C.¹

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Roriz, P. J. M.²

Professor, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ eduardo.matos2000@hotmail.com; ² paulororiz@outlookl.com;

RESUMO: O concreto protendido é uma forma de estrutura que busca alcançar vãos maiores e, conseqüentemente, eliminar pilares, através do uso de cordoalhas de proteção. Através de normas e condições reais de projeto e execução, foram analisadas suas vantagens, em relação ao concreto armado convencional, as condições normativas para execução e condições reais para sua montagem *in-loco*. Observou-se, também, duas obras presencialmente, para fazer uma análise mais detalhada das mesmas, com relação a orçamento, projeto, execução e suas vantagens. Foi possível notar, assim, a facilidade de execução e as vantagens reais da mesma.

Palavras-chaves: Concreto protendido, estrutura mista, vantagens, execução.

ABSTRACT: Prestressed concrete is a form of structure that seeks to achieve larger spans and consequently eliminate pillars using protective strands. By the observation of the norms and the real conditions of design and execution, we analyze its advantages in relation to conventional reinforced concrete, the normative conditions for execution *in loco* and the real conditions for its assembly *in loco*. Two constructions were visited to bring a more detailed analysis of the work, evolving its budget, project, execution and advantages. This visit permitted to conclude the facility of execution and other real advantages of the method.

Keywords: Prestressed concrete, mixed structure, advantages, execution.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil, 02 – Estruturas

1 INTRODUÇÃO

A história do concreto protendido se inicia ainda no século XVIII, porém, apenas em 1928 ele sofreu uma evolução significativa. Com os estudos de Eugène Freyssinet, engenheiro civil francês, especialista em estruturas, houve um acentuado desenvolvimento em seu método de cabeamento interno das peças, por permitir ultrapassar a fraca resistência à tração do concreto convencional.

Sua descoberta permitiu a construção de pavimentos e pontes com vãos mais extensos do que os usuais, normalmente construídos em concreto armado. As estruturas de concreto protendido também permitiram a construção de lajes, vigas e elementos estruturais com vãos livres muito maiores do que os usuais da época (RODRIGUES, 2014).

O Concreto Protendido possui uma resistência de duas a três vezes maior do que

o concreto armado convencional, pelo fato de os cabos de protensão possuírem uma capacidade de resistência cinco vezes maior que o aço convencional utilizado nas estruturas de concreto. Logo, a protensão é mais indicada para obras maiores, tais como shoppings, pontes e outras obras que necessitem de um grande vão entre pilares, pelo fato de o material ser mais resistente e por diminuir o número de rachaduras e fissuras. (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2020)

Como informado por Rodrigues (2014), o concreto protendido possui diversas vantagens, em relação ao concreto armado pois, com ele, é possível utilizar as peças pré-moldadas com maior facilidade, bem como consumir uma menor quantidade de aço e concreto, devido ao uso de materiais de maior resistência, diminuindo as tensões de tração, decorrentes de esforços cortantes, e de flexão, além de permitir execução de formas arquitetônicas inovadoras.

Neste trabalho, pretendeu-se levantar as condições normativas e reais de projeto e execução, bem como as vantagens comparativas de peças protendidas, quando utilizadas em estruturas mistas de obras residenciais, tal como abordado no TCC-1. Buscou-se pesquisar as exigências das normas para o uso e a produção *in loco* de peças de concreto protendido, levantar as condições reais necessárias para a execução da concretagem de peças pré-moldadas de concreto protendido e verificar as vantagens comparativas resultantes entre o uso concomitante do sistema de concreto protendido nas estruturas de concreto armado convencional.

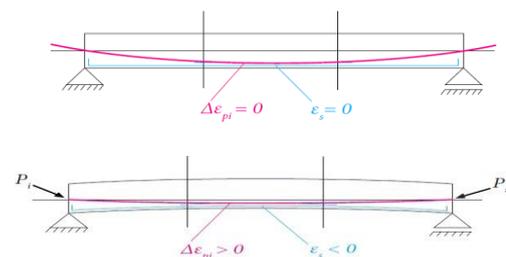
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O concreto protendido

O método construtivo do concreto protendido surgiu com o objetivo claro de inserir, em uma estrutura de concreto, tensões capazes de melhorar sua resistência. Logo, o uso de armaduras de aço, sendo cordoalha ou fio, conta com um pré-alongamento, aplicando um esforço de compressão inicial no concreto, conforme ensina (RODRIGUES, 2014)

Segundo a NBR 6118/2014, o processo é realizado através do posicionamento inicial das cordoalhas no local da concretagem, atravessando toda a estrutura, com sua posição definida através da solicitação do momento fletor. Em seguida, o aço é pré-tracionado ou pós-tracionado, conforme a técnica definida em projeto, criando, assim, um sistema totalmente autoequilibrado de esforços. Dessa maneira, fica utilizado todo o potencial que o concreto possui de suportar a compressão e são diminuídas, significativamente, as fissuras geradas pela tração.

Figura 1 - Esforço em uma viga, antes de ser protendida e após ser protendida



Fonte: Luiz Cholfe, Concreto Protendido Teoria e Prática

Com base nos estudos de Cholfe (2018), a protensão pode ser compreendida como uma força nominal externa, que comprime as seções do concreto. Nas seções não fissuradas, os efeitos são equivalentes aos de uma flexão composta normal e, na maioria das vezes, com uma única excentricidade.

2.2 Benefícios do concreto protendido

Em relação ao concreto armado convencional, o sistema de concreto protendido, possui algumas vantagens que podem transformar peças pré-moldadas em um meio mais viável para utilização nas estruturas (MACODESC, 2017).

- *Economia na obra*

Na construção civil, normalmente, os profissionais são procurados com o intuito de encontrar soluções mais baratas e eficientes, garantindo bons resultados. No caso do concreto protendido, o aço protendido é 150% mais resistente que o aço convencional. Logo, será necessário uma menor quantidade de aço para resistir ao mesmo reforço na estrutura. Uma redução significativa se se considerar a representatividade do piso, no orçamento total da obra (MACODESC, 2017).

Tabela 1 – Comparação econômica entre a laje de concreto armado e a laje de concreto protendido

Solução Original: Concreto Armado

Item	Consumo por m ²	Custo unitário	TOTAL
Concreto	0,158 m ³ /m ²	250,0 R\$/m ³	39,51 R\$/m ²
Cordoalha	0 Kg/m ²	8,0 R\$/kg	0,00 R\$/m ²
CA50	23,04 Kg/m ²	4,5 R\$/kg	103,69 R\$/m ²
Forma	1,62 m ² /m ²	50,0 R\$/m ²	81,22 R\$/m ²
Total			224,42 R\$/m²

Solução 2 Laje plana concreto protendido

Item	Consumo por m ²	Custo unitário	TOTAL
Concreto	0,185 m ³ /m ²	250,0 R\$/m ³	46,25 R\$/m ²
Cordoalha	2,8 Kg/m ²	8,0 R\$/kg	22,40 R\$/m ²
CA50	11,28 Kg/m ²	4,5 R\$/kg	50,76 R\$/m ²
Forma	1,46 m ² /m ²	50,0 R\$/m ²	73,00 R\$/m ²
Total			192,41 R\$/m²

Fonte: Acervo próprio (2022).

- *Agilidade na obra*

O concreto protendido é muito adequado para peças pré-fabricadas, sendo produzidas na indústria e transportada para o canteiro de obras, assim economizando no processos de produção, podemos agilizar a obra e seu processo de conclusão (MACODESC, 2017).

- *Utilização de menos pilares*

O concreto protendido permite o uso de vãos com intervalos muito maiores entre os pilares, tal meio traz mais liberdade para os projetos arquitetônicos, dando toques refinados na arquitetura, sem comprometer a resistência da estrutura (MACODESC, 2017).

Figura 2 - Cidade Administrativa de MG



Fonte: Macodesc (2022).

- *Aumento da vida útil*

Construções que utilizam o método da protensão podem durar mais e exigir menos gastos com manutenção, ao longo do tempo. Pelo fato de suportar mais esforço por flexão, reduzindo as tensões de tração, isso significa menos deformação e fissuras no concreto. Uma vantagem tão importante que a protensão pode ser utilizada no reforço e na recuperação de estruturas comprometidas (MACODESC, 2017).

2.3 Peças pré-moldadas de concreto protendido

O processo de fabricação de peças pré-moldadas vem evoluindo significativamente com o passar do tempo, seguindo cada vez mais uma linha de produção para a execução perfeita da peça. O concreto pode ser protendido por pré-tração ou pós-tração.(ABCIC, 2017)

Conforme o item 3.1.7 da NBR 6118/2014, o concreto com armadura ativa pré-tracionada,

nada mais é que o concreto protendido no qual, o pré-alongamento da armadura ativa é realizado utilizando-se apoios independentes do elemento estrutural, antes do lançamento do concreto, sendo a ligação armadura de protensão em relação aos apoios desfeitas após o endurecimento do concreto.

O concreto com armadura pós-tracionada, deve ser com aderência inicial ou posterior, em estudos realizados no item 3.1.8 e 3.1.9 da NBR 6118/2014 respectivamente, o concreto com armadura pós tracionada com aderência inicial, no qual o pré-alongamento da armadura ativa é realizado após o endurecimento do concreto, sendo utilizadas como apoios, parte do próprio elemento estrutural, criando posteriormente aderência com o concreto de modo permanente, através da injeção das bainhas. Já a com aderência posterior, funciona da mesma forma do que o citado anteriormente entretanto, não cria aderência com o concreto, ficando a armadura ligada ao concreto apenas em pontos localizados.

Figura 3 - Viga pré-moldada protendida e pós-tração



Fonte: Luiz Cholfe, Concreto Protendido Teoria e Prática

Segundo a NBR 9062/2017 o manuseio e o transporte das armaduras devem ser realizadas

através de dispositivos que garantam sua integridade e mantenham posição relativa, como o alinhamento de suas barras, protegendo-as contra deformação e ruptura dos vínculos de posicionamento. Seu armanejamento deve ser realizado de uma forma que evite pilhas que prejudiquem a conformação das armaduras pré-montadas, sua montagem é executada através de um plano de montagem elaborado, devendo seguir algumas normas fielmente.

Figura 4 – Montagem de viga protendida



Fonte: ABCIC (2017).

Entre as recomendações das normas, tem-se as seguintes:

- a) indicar claramente as instruções de montagem para cada tipo de elemento e a sequência de montagem destes;
- b) registrar a idade dos elementos estruturais a serem montados. Atenção

especial deve ser dada a esta informação, pois o concreto deve ter atendido previamente o f_{cj} para esta etapa, assim como o módulo de elasticidade, ambos definidos conforme 5.6;

- c) especificar o f_{cj} em projeto, para o concreto a ser empregado nas ligações, que deve ser obedecido para que a montagem prossiga;
- d) avaliar previamente detalhes de ligações e juntas permanentes;
- e) avaliar previamente apoios e sistemas de suporte temporários;
- f) avaliar previamente a sequência de capeamento das lajes alveolares;
- g) evidenciar que os equipamentos de montagem, bem como os dispositivos auxiliares, foram escolhidos corretamente e atendem às necessidades da obra. Os equipamentos devem estar em condições de uso, com plano de manutenção em dia e, quando aplicável, com os respectivos certificados de ensaios realizados;
- h) fazer referência à legislação de segurança vigente;
- i) elaborar um documento específico de registro, em comum acordo com o cliente, detalhando as responsabilidades pelos equipamentos de proteção coletiva, controle de entrada e saída da obra, isolamentos e sinalizações das áreas de risco;

- j) estabelecer plano de Rigging, em todas as obras, conforme definido em 3.17, para escolha adequade equipamentos. Para a completa eficiência da escolha, é necessário que todo o projeto seja conhecido, bem como local e terreno, obstruções e tipo de terreno onde devem ser executadas as montagens;
- k) caso exista necessidade de interface com o cliente, com a execução de ligações, concretagens ou outros serviços, criar um documento que comprove que foram discutidas e definidas as necessidades e responsabilidades de cada um no processo;
- l) ao final das montagens o fornecedor da estrutura deve se reunir com o cliente, deixando claras as informações relativas aos trabalhos ainda não executados ou concluídos, de responsabilidade do cliente. Essa reunião deve ser documentada para garantia dos dois lados;
- m) em estruturas ou edificações sem ligações provisórias ou travamentos definitivos, a montagem deve ser realizada preferencialmente em uma sequência que considere etapas de até dois pavimentos de laje ou altura de 12 m. A condição de montagem faz parte do plano de montagem e deve ser aprovada pelo responsável pelo projeto.

3 METODOLOGIA

A realização da pesquisa preliminar se baseou nas normas ABNT e em artigos de diversos autores, a exemplo de Ricardo Rodrigues e Luiz Cholfen, com o objetivo de determinar as funções, características e vantagens do concreto protendido, em relação ao concreto armado convencional.

Em consonância com a NBR 9062/2017, foram realizados estudos técnicos de como é feito o preparo da estrutura pré-moldada para o concreto protendido e os cuidados necessários para o transporte, armazenamento e sua montagem, que são realizados através de um plano que segue as exigências normativas, expressas no trabalho.

Foi realizado um levantamento em uma obra residencial de alto padrão, no Jardins Itália, e academia no Condomínio Jardins França, onde foram utilizadas peças de concreto protendido, em estruturas mistas. Buscou-se analisar seus projetos, orçamentos, execução e vantagens, com base nas normas técnicas da NBR 9062/2017, NBR 6118/2014 e artigos de Ricardo Rodrigues e Luiz Cholfe.

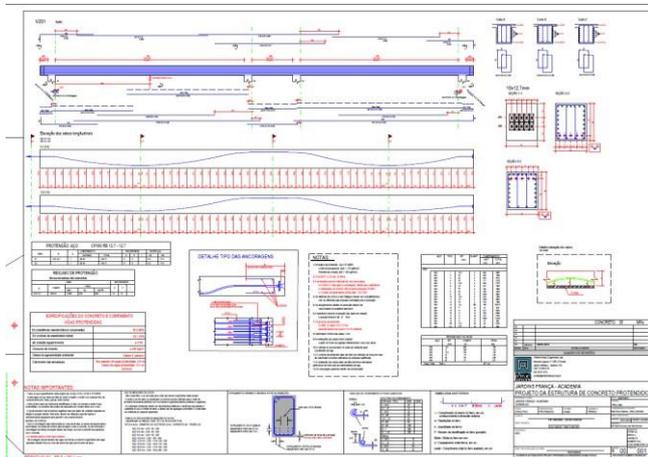
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Projetos e orçamentos

Os proprietários das obras visitadas realizaram contratos com a “Esper Engenharia de Projetos” para a obra residencial do Jardis Itália e com a “Oliveira Araújo Engenharia”, para a realização da academia do Jardins França. Os projetos foram para obras estruturais, que contavam com vigas protendidas. Seus projetos possuem a armação de

ação, posicionamento das cordoalhas e seus ancoramentos, com suas respectivas dimensões, pesos e comprimentos.

Figura 5 – Projeto de vigas protendidas na academia do Jardins França



Fonte: Oliveira Araújo Engenharia (2022)

ancoragens passiva e o serviço de posicionamento e protensão das ancoragens ativas. O serviço totalizou um valor de R\$ 10.000,00, na obra residencial localizada no Jardins Itália, e de R\$ 14.000,00, na obra da academia do Jardins França.

Tabela 2 – Orçamentos realizados com a Bueno Protensão

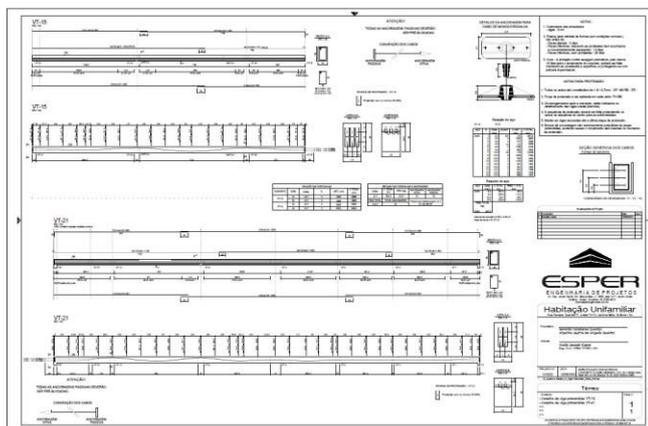
Pavimento	Elementos	Cordoalhas (Kg)	Ancoragens (Unid)
Térreo	V201	255,0	20,0
	V220	62,0	16,0
	V222	62,0	16,0
TOTAL:		379,0	52,0

TOTAL do investimento COM CORDOALHA: R\$ 14.000,00 (Quatorze mil reais)

Pavimento	Elementos	Cordoalhas (Kg)	Ancoragens (unid)
Térreo	VT 15	213	20
	VT 21		
TOTAL:		213,0	20,0

TOTAL do investimento: R\$ 10.000,00

Figura 6– Projeto de vigas protendidas da residência no Jardins Itália



Fonte: Esper Engenharia de Projetos

Fonte: Oliveira Araújo Engenharia (2022)

O orçamento foi realizado pela empresa “Bueno Construção e Protensão”, que se baseou no levantamento em Kg de cordoalhas de protensão e no seu número de ancoragens em unidade. Além dos serviços de pré-blocagem e no posicionamento das

4.2 Execução

A execução da protensão foi realizada *in loco*, usando um sistema de pós-tração, seguindo as normas da NBR 6118/2014. Primeiramente, foi utilizado o projeto de formas e vigas, para a execução das armaduras de aço CA-50 das vigas que seriam protendidas e o posicionamento das mesmas, na estrutura para concretagem. Em seguida, foi realizada a passagem das cordoalhas de protensão por toda a viga, respeitando-se a altura e posição das mesmas, segundo o projeto de protensão. Ao terminar o posicionamento das mesmas, elas foram ancoradas respeitando-se os projetos. Logo após, ficaram prontas para o lançamento do concreto em 50 Mpa.

Figura 7 – Armação das vigas



Fonte: Imagem do autor (2022).

Figura 8 – Cordoalhas posicionadas e já ancoradas

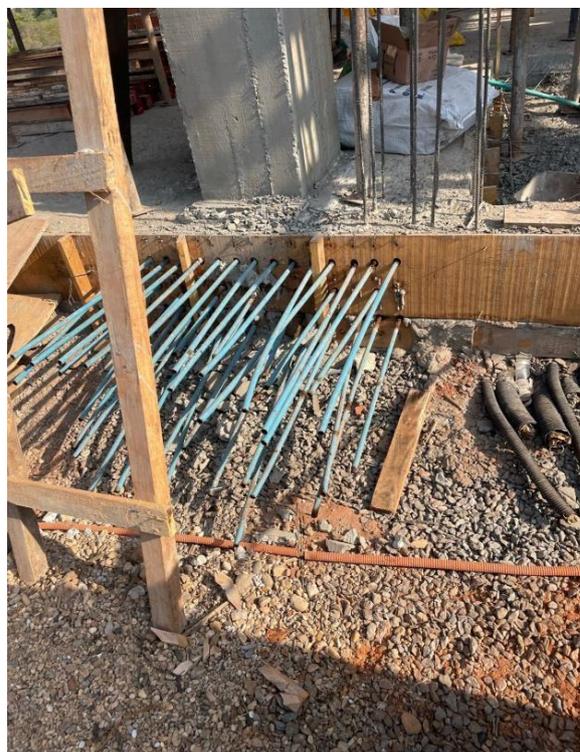


Fonte: Imagem do autor (2022).

Respeitando-se as normas da NBR 6118/2014, após o concreto atingir uma resistência mínima de 35 Mpa foi realizada a protensão. O prazo de retirada das formas foi de 3 dias para as faces laterais e de 28 dias, para as faces inferiores. Ficou, assim, a viga protendida pronta e em

perfeito estado.

Figura 9 – Cordoalhas prontas para serem tracionadas



Fonte: Imagem do autor (2022).

4.3 Vantagens

Após as vigas ficarem prontas, conseguiu-se perceber diversas vantagens, em relação às vigas de concreto protendido, uma delas foi a utilização de menos pilares e o alcance de vãos maiores, como na viga VT-21 e VT-15, localizadas na obra residencial no Jardins Itália, onde a viga VT-21 alcançou um vão de 29,32m, sendo apoiada apenas por dois pilares; já a viga VT-15 alcançou um vão de 18,60m, não sendo apoiada em nenhum pilar, mas apenas engastada em duas vigas. Criou-se uma arquitetura única para as obras, em que elas foram aplicadas.

Figura 10 – Viga concluída com vão de 29,32m



Fonte: Imagem do autor (2022)

5 CONCLUSÕES

Ultimamente, no Brasil, nota-se que os projetistas têm muito interesse em inovações, sejam elas estruturas metálicas, de madeiras ou de outros materiais, e o concreto protendido é uma das inovações estruturais mais expressivas, sendo muitas vezes utilizado em estruturas mistas, principalmente em conjunto com o concreto armado convencional.

Neste trabalho, foi possível observar várias obras sendo realizadas com o uso do concreto protendido, principalmente em residências de alto padrão, em busca da beleza e das vantagens dos vãos livres, sem pilares. Como foi dito por Macodesc (2017), existem várias vantagens no uso das peças protendidas, principalmente na utilização de menos pilares, alcançando, conseqüentemente, vãos livres maiores. O proprietário sempre busca uma arquitetura refinada, que chame a atenção pela beleza em sua fachada ou no interior dos ambientes.

No caso de obras pequenas, a facilidade de execução, ao se seguir as normas da NBR 9062/2017 e NBR 6118/2014, contribui para o crescimento do uso de peças protendidas, além de o fácil transporte e manuseio das cordoalhas facilitarem a moldagem das mesmas *in loco*. Em obras grandes, as peças de protensão pré-moldadas já são mais usuais há bastante tempo, apesar do seu difícil transporte e do cuidado que se deve tomar, em todas as etapas do processo, de acordo com a NBR 9062/2017.

6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus e a meus familiares, por sempre me proporcionarem um forte apoio e segurança. Quero agradecer, também, ao professor Paulo Roriz, que foi companheiro e sempre me tratou com carinho e educação. Ao chegar ao final do curso, sei que essa é apenas uma batalha das várias que quero vencer, em minha vida. O caminho é longo, mas sempre estarei focado na busca do conhecimento. Assim, chegarei aos próximos objetivos que estão por vir.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

ABNT. NBR 9062:2017 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

ABCIC - Associação Brasileira da Construção de Industrializada de Concreto - Concreto protendido nas estruturas pré-fabricadas, 2017.

CHOLFE, L. Concreto protendido: teoria e prática / Luiz Cholfe & Luciana Bonilha. — 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

MACODESC SÉRIES. Concreto protendido na construção, 2017. Disponível em:< <https://www.macodesc.com.br/blog/12-12-2017-concreto-protendido-na-construcao/>>. Acesso em: 17 mai. 2022.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. Concreto protendido ou armado? Confira as dicas para escolher a melhor técnica, 2020. Disponível em:<<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/concreto-protendido-ou-armado/>>. Acesso em: 17 mai. 2022.

RODRIGUES, R. CONCRETO PROTENDIDO, 2014. Disponível em:<<https://engiobra.com/concretoprotendido/#:~:text=O%20concreto%20protendido%0come%Cncreto%20%C3%A0%20tra%C3%A7%C3%A3o.%203%A7ou%20a,resist%C3%A2ncia%20do%20co.>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Eduardo Moura da Cunha Matos
do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2017.2.0025.0037-2,
telefone: (62) 9.8608-8898 mail _____, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Principais Vantagens do uso de Peças hotendidas na Estrutura
Mista de Residência gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 05 de dezembro de 2022.

Assinatura do(s) autor(es): Eduardo Moura da Cunha Matos

Nome completo do autor: Eduardo Moura da Cunha Matos

Assinatura do professor-orientador: Paulo José Moura e Silva

Nome completo do professor-orientador: Paulo José Moura e Silva