



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
**INSTITUTO DO CORAÇÃO EDSON SAAD**

**JOSÉ FRANCISCO TATY ZAU**

**AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES  
CORONARIOPATAS REVASCULARIZADOS SUBMETIDOS À  
REABILITAÇÃO CARDÍACA**

**Orientadores:** Prof.Dr. Roberto Coury Pedrosa

Prof. Dr. Gerez Fernandes Martins

Prof. Dr. Salvador Manoel Serra

**RIO DE JANEIRO**

**2016**

**JOSÉ FRANCISCO TATY ZAU**

**AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES  
CORONARIOPATAS REVASCULARIZADOS SUBMETIDOS À  
REABILITAÇÃO CARDÍACA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Medicina (Cardiologia/Ciências Cardiovasculares), do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina e do Instituto do Coração Edson Saad, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Cardiologia.

**Orientadores:** Prof.Dr. Roberto Coury Pedrosa

Prof. Dr. Gerez Fernandes Martins

Prof. Dr. Salvador Manoel Serra

Rio de Janeiro

2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

JOSÉ FRANCISCO TATY ZAU

AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES  
CORONARIOPATAS REVASCULARIZADOS SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO  
CARDÍACA.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- graduação em Medicina (Cardiologia/ Ciências Cardiovasculares), do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina e do Instituto do Coração Edson Saad, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Cardiologia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/201...

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

---

Prof. Dr.

## RESUMO

**Fundamento:** A doença cardiovascular é a principal causa de mortalidade e morbidade no mundo. O estresse oxidativo pode gerar danos ao DNA, à membrana lipoprotéica com implicações na patogênese das doenças cardiovasculares.

A reabilitação cardíaca é indicada com o intuito de garantir a restauração das funções físicas, psicossociais de pacientes com doença cardíaca, bem como para a prevenção de eventos cardiovasculares e redução da mortalidade.

**Objetivo:** Verificar se o estresse oxidativo (avaliado através de marcadores bioquímicos) é atenuado por um programa de reabilitação cardíaca em pacientes coronariopatas crônicos revascularizados.

**Paciente e Métodos:** Estudo quase Experimental, com séries temporais. A população do estudo foi constituída por 40 pacientes com doença coronariana crônica estável que se submeteram a cirurgia de revascularização miocárdica.

**Resultados:** Ao longo do estudo verificou-se após as sessões de reabilitação cardíaca, uma redução gradual nos níveis de TBARS, da proteína carbonilada e, aumento dos níveis de substâncias antioxidantes (GSH, CAT e GPx), não tendo sido verificada o aumento da SOD. Foi verificada uma melhora expressiva do ácido úrico e da capacidade antioxidante total avaliada através do Frap.

**Conclusão:** O exercício físico regular através de um programa de reabilitação cardíaca pode atenuar o estresse oxidativo em pacientes coronariopatas crônicos revascularizados.

**Palavras chaves:** Estresse oxidativo, doença arterial coronariana, cirurgia de revascularização miocárdica.

## ABSTRACT

**Background:** Cardiovascular disease is the main cause of mortality and morbidity in the world. Oxidative stress can cause DNA and lipoprotein membrane damage with implications in the pathogenesis of cardiovascular disease. Cardiac rehabilitation is indicated in order to guarantee the restoration of physical and psychosocial functions of patients with heart disease as well as to prevent cardiovascular events and reduction of mortality.

**Objective:** Check whether oxidative stress is attenuated by a cardiac rehabilitation program in revascularized patients with coronary artery disease.

**Methods:** Experimental study. The study population consisted of 40 patients with chronic stable coronary artery disease who underwent bypass surgery.

**Results:** Throughout the study there was after the sessions of cardiac rehabilitation, a gradual reduction in the levels of TBARS, carbonyl protein and increased levels of antioxidants (GSH, CAT and GPx) and has not been verified increased SOD. A significant improvement in uric acid and total antioxidant capacity assessed by Frap was verified.

**Conclusion:** Regular exercise through a cardiac rehabilitation program can attenuate oxidative stress in revascularized patients with coronary artery disease.

**Key words:** oxidative stress, coronary artery disease, coronary artery bypass surgery.

## Lista de Gráficos

**Gráfico 1.** Análise da peroxidação lipídica ao longo da Reabilitação cardíaca, com discreta diminuição do dano lipídico. TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico); M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 2.** Análise da carbonilação de proteínas ao longo da Reabilitação cardíaca, com discreta diminuição do dano protéico. PC (Proteína Carbonilada); M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 3.** Análise da enzima superóxido dismutase (SOD) ao longo da Reabilitação cardíaca; M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 4.** Análise da enzima Catalase, ao longo da Reabilitação cardíaca; M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 5.** Análise da Glutathiona Peroxidase ao longo da Reabilitação cardíaca. GPx (Glutathiona Peroxidase); M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 6.** Análise do marcador antioxidante não enzimático, glutathiona reduzida (GSH) ao longo da Reabilitação cardíaca, com discreto aumento da sua atividade. M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do

estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 7.** Análise do ácido úrico ao longo da Reabilitação cardíaca, com discreto aumento progressivo e significativo até o final. M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

**Gráfico 8.** Análise da capacidade antioxidante total através do Frap ao longo da Reabilitação cardíaca, com aumento significativo no final do estudo. Frap (*Ferric Reducing Antioxidant Power*); M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses); M2 (avaliação aos 4 meses); M3 (avaliação final aos 6 meses).

## Lista de Figuras

**Figura 1.** Ilustração de como a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio gera um desequilíbrio oxidativo (Estresse oxidativo).

**Figura 2.** Estrutura de um radical livre evidenciando a presença de um elétron desemparelhado na última camada.

**Figura 3.** Cadeia transportadora de elétrons.

**Figura 4.** Esquema do estresse oxidativo mostrando a atividade das enzimas antioxidantes.

**Figura 5.** Representação esquemática ilustrando o tempo de exercício físico e as respectivas modificações no organismo.

**Figura 6.** Protocolo geral do estudo. TCLE- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

**Figura 7.** Protocolo de reabilitação cardíaca.

**Figura 8.** Protocolo de preparação das amostras.

**Figura 9.** Fluxograma de acompanhamento de pacientes ao longo do estudo.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Características gerais da população do estudo.

Tabela 2. Tempo em meses após revascularização miocárdica e atividade dos marcadores do estresse oxidativo.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍGLAS

AHA	<i>American Heart Association</i> / Sociedade Americana de Cardiologia.
ATP	Trifosfato de adenosina
BAV	Bloqueio átrio-ventricular
Ca <sup>++</sup>	Cálcio
CAT	Catalase
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DAC	Doença arterial coronariana
EDTA	<i>Ethylenediamine tetraacetic acid</i> / ácido etilenodiamino tetra- Acético
ERO	Espécies reativas de oxigênio
FAI	<i>Functional aerobic impairment</i> / Déficit aeróbico funcional
FC	Frequência cardíaca
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
GGT	Gama glutamil transferase
GSSG	Glutaciona oxidada
GPx	Glutaciona peroxidase
GSH	Glutaciona reduzida
GR	Glutaciona redutase
GST	Glutaciona S transferase
IECAC	Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro
LABIOEX	Laboratório de Bioquímica Experimental
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LDL- ox	Lipoproteína de baixa densidade oxidada

LPO	Lipoperoxidação/ Peroxidação lipídica
M	Momento
MET	Equivalente metabólico
MPO	Mieloperoxidase
NAD	Nicotinamida adenina dinucleotídeo
NADPH	Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato
NO	Óxido nítrico
NOS	Óxido nítrico sintase
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Paciente
PAD	Pressão arterial diastólica
PAS	Pressão arterial sistólica
PuO <sub>2</sub>	Pulso de oxigênio
RCPM	Reabilitação Cardiopulmonar e Metabólica
RVM	Revascularização miocárdica
RLO	Radicais livres de oxigênio
Rpm	Rotações por minuto
SOD	Superóxido dismutase
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TCA	Ácido tricloroacético
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio

## Lista de Símbolos

$\text{Cu}^+$	Cobre
$\text{Fe}^{2+}$	Ferro
$\text{H}_2\text{O}_2$	Peróxido de hidrogênio
$\text{O}_2^\bullet$	Radical superóxido/ Ânion superóxido
$\text{OH}^-$	Radical hidroxila
%	Porcentagem
$\geq$	Maior ou igual
$>$	Maior

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	21
2.1.2_ Espécies reativas de oxigênio (ERO) .....	25
2.1.3_ Defesa antioxidante.....	27
2.1.4.1_ Dano ao DNA.....	29
2.1.4.2_ Dano protéico .....	30
2.1.4.3_ Dano lipídico .....	30
2.2_ Exercício físico e estresse oxidativo .....	31
2.3_ Estresse oxidativo e doença arterial coronariana .....	35
2.4_ Estresse oxidativo, doença arterial coronariana e exercício .....	37
3. JUSTIFICATIVA .....	39
4. HIPÓTESE.....	40
5. OBJETIVOS.....	41
6. PACIENTES E MÉTODOS.....	42
6.1_ Desenho do estudo .....	42
6.2-Seleção de pacientes .....	42
6.3_ Critérios de inclusão .....	42
6.4_ Critérios de exclusão .....	43
6.5_ Dados obtidos dos pacientes pré- programa de reabilitação cardíaca.....	43
6.6_ Avaliação Clínica pré- programa de reabilitação cardíaca.....	44
6.7_ Dinâmica de atendimento para ingressar no programa de reabilitação cardíaca .....	45
6.8_ Programa de reabilitação cardíaca .....	47
6.9_ Marcadores do estresse oxidativo e defesas antioxidantes .....	48
6.9.1_ Preparação das amostras .....	49
6.9.2_ Marcadores de dano oxidativo .....	50
a) Peroxidação lipídica (TBARS) .....	50
b) Proteína carbonilada (PC).....	51
6.9.3-Defesas antioxidantes .....	52
6.9.3.1_ Determinação das defesas antioxidantes enzimáticas .....	52
a) Superóxido dismutase (SOD) .....	52
b) Catalase (CAT).....	52

d) Glutathione redutase (GR) .....	53
6.9.3.2_ Determinação das defesas antioxidantes não enzimáticas .....	54
a) Glutathione reduzida (GSH) .....	54
b) Ácido úrico (AU).....	54
6.9.3.3_ Potencial Antioxidante Total do Plasma (FRAP) .....	55
6.10_ Acompanhamento Clínico durante o estudo .....	55
6.11_ Considerações éticas .....	56
8- RESULTADOS.....	59
8.2- Características gerais da população do estudo .....	59
8.3.2_ Oxidação Protéica - Proteína Carbolinada (PC) .....	62
8.4_ Determinação das defesas antioxidantes .....	63
10. LIMITAÇÕES .....	78
11. CONCLUSÃO .....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	88

## 1. INTRODUÇÃO

---

A doença cardiovascular é a principal causa de mortalidade, morbidade e incapacidade no mundo.<sup>1</sup> A aterosclerose, processo patológico mais comum associado à doença cardiovascular, representa um estado de estresse oxidativo elevado caracterizado por peroxidação lipídica e protéica.<sup>2,3</sup> A oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL-ox) é o primeiro passo para o desenvolvimento e progressão da aterosclerose e doença arterial coronariana (DAC). O estresse oxidativo é também considerado fator central na disfunção endotelial e ruptura de placa.<sup>2,4</sup>

O estresse oxidativo é o desequilíbrio entre oxidantes e antioxidantes com predomínio do primeiro, que resulta em aumento da formação de radicais livres.<sup>5,6</sup> O estresse pode gerar danos ao DNA (ácido desoxirribonucléico), às membranas lipídicas (avaliadas por TBARS- substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) e às proteínas (avaliadas por carbonilação de proteínas/PC-Proteína carbonilada).<sup>6</sup>

Se a formação dos radicais livres excede a capacidade antioxidante, os lipídeos, as proteínas e outros componentes da célula podem ser oxidados.<sup>7</sup> Para evitar o acúmulo de radicais livres e reduzir ao mínimo o estresse oxidativo, o organismo utiliza o sistema de defesa antioxidante, pois, em sistemas biológicos, as células respondem ao estresse oxidativo mediante a indução das defesas antioxidantes.<sup>8</sup>

O sistema de defesa antioxidante divide-se em enzimático e não enzimático. O enzimático inclui a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione redutase (GR) e glutathione peroxidase (GPX). O não enzimático inclui, glutathione reduzida (GSH), FRAP (*ferric reducing antioxidant*) que avalia a capacidade antioxidante do plasma, ácido úrico e outros ingeridos através da dieta regular ou suplementos como o ácido ascórbico e alfa tocoferol.<sup>5,6,9</sup>

Durante o exercício, o consumo de oxigênio aumenta 10 a 20 vezes em relação ao repouso. Tanto o exercício aeróbico, quanto anaeróbico, contribui para esse aumento dando lugar a níveis elevados de radicais livres,

modificando assim, o estado redox da célula<sup>6</sup> que, quando não contrabalançado se manifesta como dano oxidativo a nível muscular esquelético, assim como, cardíaco.<sup>10,11</sup>

Estudos relacionando exercício ao estresse oxidativo comprovam a presença de um desequilíbrio entre os sistemas pró-oxidante e antioxidante, com conseqüente dano a lipídeos e às proteínas de membrana, assim como ao DNA.<sup>12</sup> Senturk *et al.*, avaliando atletas em um teste incremental máximo, observaram dano às proteínas.<sup>13</sup> Michailidis *at al.* realizaram um teste de exercício em onze (11) indivíduos não treinados tendo observado níveis significativamente elevados de TBARS sanguíneo após o exercício.<sup>14</sup>

Não obstante, o treinamento físico regular promove adaptações no organismo, podendo prevenir a formação exagerada de radicais livres (RL) no exercício, com provável melhora na atividade antioxidante no sentido de garantir o equilíbrio oxidativo.<sup>6,15</sup>

Os programas de reabilitação cardíaca com foco na prática de exercício físico foram introduzidos no Brasil na década de 1960, com o intuito de garantir a restauração das funções físicas, psicossociais de pacientes com doença cardíaca, bem como na prevenção de eventos cardiovasculares e redução da mortalidade.<sup>16</sup> A organização mundial de saúde (OMS) caracteriza a reabilitação como a integração de intervenções, para assegurar as melhores condições físicas, psicológicas e sociais para o paciente com doença cardiovascular.<sup>17</sup> O primeiro consenso nacional de reabilitação cardiovascular, definiu a reabilitação cardíaca como ramo da cardiologia que, implementada por equipe multidisciplinar permite a restituição, ao indivíduo, de uma satisfatória condição clínica, física, psicológica e laborativa. E, prevê indicação do treinamento físico ao paciente pós- revascularização miocárdica.<sup>18</sup> A indicação de reabilitação cardíaca para coronariopatas é inquestionável, diante das evidências sobre custo-efetividade e do número de indivíduos que necessitam ser tratados para que o benefício do tratamento (morte e infarto do miocárdio não fatal evitados) ocorra em um paciente.<sup>17,18</sup>

Portanto, o presente estudo tem como objetivo primordial, verificar se o estresse oxidativo é atenuado por um programa de reabilitação cardíaca em

pacientes coronariopatas crônicos revascularizados mediante análise do comportamento dos marcadores bioquímicos do estresse oxidativo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

---

Para o levantamento da literatura foram utilizadas as seguintes bases de dados científicas na ordem: PubMed, MEDLINE (Literatura Internacional em Ciências da Saúde), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), SCIELO (*Scientific Electronic Library Online*), sem determinação de um período definido. Também foram utilizadas a SCOPUS e a WEB OF SCIENCE.

Para a busca no PubMed/MEDLINE foram usados no campo "Mesh terms", "*oxidative stress*", "*heart disease*", "*coronary artery disease*" e no campo "All fields", as palavras "*physical activity*", "*physical exercise*", "*antioxidants*" e "*enzymatic antioxidants*". A combinação entre essas palavras foi feita utilizando os operadores booleanos AND, OR e AND NOT. Foram utilizados os filtros espécie (humanos) e língua (Inglês, português e espanhol).

Para a busca na LILACS foram realizadas três estratégias: 1º- Foi utilizado o descritor de assunto "estresse oxidativo", "revascularização miocárdica"; 2º- Foi utilizado o descritor de assunto "doença arterial coronária"; 3º- Foram usados os operadores booleanos "AND" e "OR".

Na SCIELO a pesquisa foi no método integrado com as palavras estresse oxidativo e exercício físico.

Na WEB OF SCIENCE e na SCOPUS foram pesquisados os termos "*oxidative stress*" AND "*physical exercise*" AND "*heart disease*" OR "*coronary artery disease*" sem limite no período de tempo.

Após esse levantamento inicial da literatura foi realizado outro com o objetivo de pesquisar doença arterial coronária, estresse oxidativo, cirurgia de revascularização miocárdica e reabilitação cardíaca, na mesma ordem, mas, sem sucesso, quer na LILACS quanto na SCIELO.

## 2.1\_Estresse Oxidativo

O estresse oxidativo é o termo geralmente usado para descrever os danos causados pelas espécies reativas do oxigênio nas moléculas ou no organismo. O nível do estresse oxidativo é determinado pelo balanço entre a atividade pró-oxidante e a atividade antioxidante. Assim, o estresse oxidativo é o desequilíbrio entre pró-oxidantes e antioxidantes que resulta em aumento da formação de radicais livres e induz aumento de injúrias oxidativas.<sup>19,20,21</sup> (Figura 1).

O corpo humano sofre constantemente ação de espécies reativas de oxigênio (ERO) geradas por alguma disfunção biológica ou até mesmo, provenientes da dieta. As ERO dividem-se em, radicalares: hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ), superóxido ( $\text{O}_2\cdot^-$ ), peroxila ( $\text{ROO}\cdot$ ) e alcoxila ( $\text{RO}\cdot$ ) e não-radicalares: oxigênio, peróxido de hidrogênio e ácido hipocloroso. Enquanto alguns deles podem ser altamente reativos no organismo atacando lipídios, proteínas e DNA, outros são reativos apenas com os lipídios.<sup>22</sup>

O principal mecanismo de lesão é a lipoperoxidação (LPO), ou seja, a oxidação da camada lipídica da membrana celular.<sup>23</sup> O estresse oxidativo pode gerar danos às proteínas e ao DNA, provocando diversas alterações na função celular e tecidual.<sup>19, 22, 23</sup>



**Figura 1.** Ilustração de como a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio gera um desequilíbrio oxidativo (Estresse oxidativo).

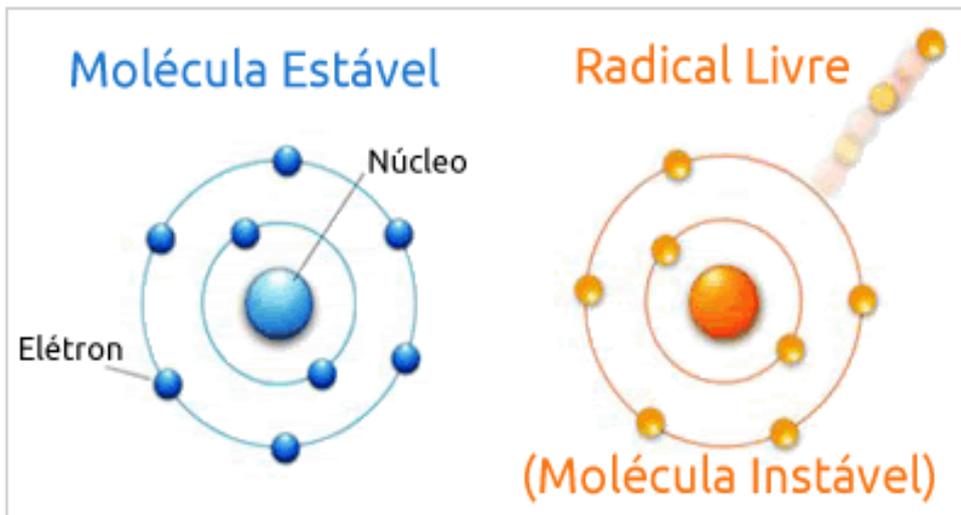
Os efeitos benéficos das ERO envolvem papel fisiológico na resposta celular à anóxia, como por exemplo, na defesa contra agentes infecciosos e na função de um número de sistemas sinalizadores celulares. Um exemplo de sua ação benéfica é na diferenciação celular onde as ERO são indutores de resposta mitogênica.<sup>24</sup>

Em contraste, em grandes concentrações, as ERO podem mediar danos às estruturas celulares, incluindo lipídios e membranas, proteínas e ácido nucléico, o chamado estresse oxidativo.<sup>24</sup> O efeito deletério das ERO é balanceado por ação dos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos e ainda por antioxidantes nutricionais.<sup>25</sup>

O estresse oxidativo tem sido implicado em uma série de doenças humanas, assim como no processo de envelhecimento.<sup>24</sup> O delicado equilíbrio entre efeitos benéficos e nocivos das ERO é um aspecto muito importante a ser considerado nos organismos, realizado através de mecanismos chamados de "regulação redox". O processo de "regulação redox" protege os organismos do estresse oxidativo e mantém a "homeostase redox", através de uma fina regulação.<sup>25</sup>

### **2.1.1\_ Radicais livres**

Radical livre é um átomo ou molécula altamente reativo que possui um elétron desemparelhado na última camada eletrônica (Figura 2).<sup>26,27,28</sup>

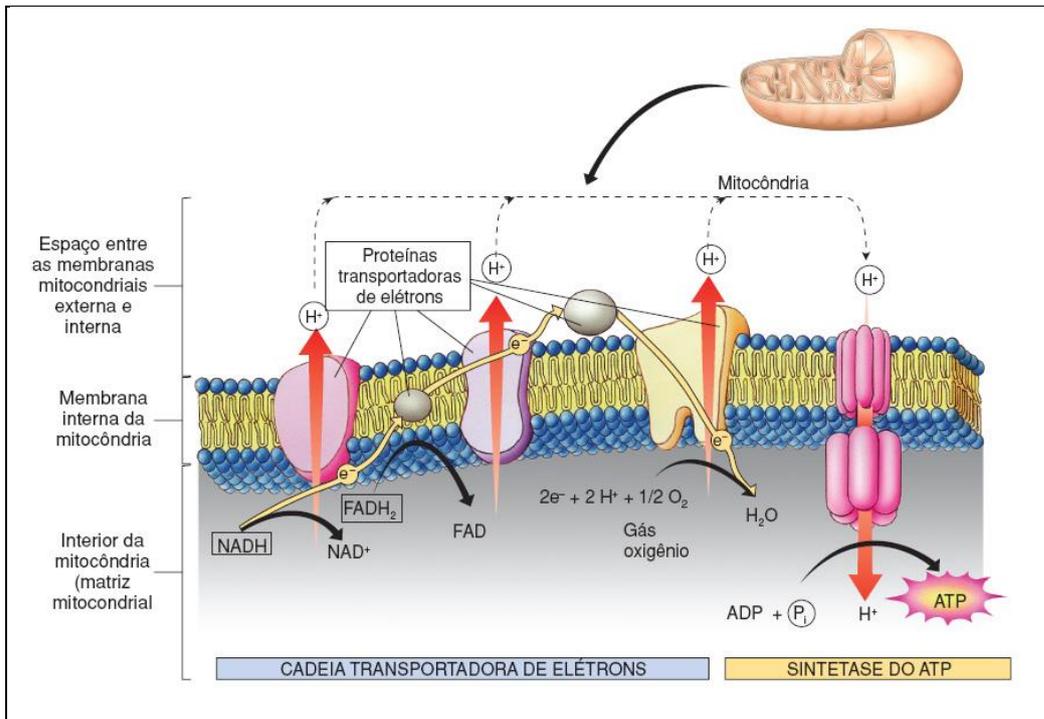


**Figura 2.** Estrutura de um radical livre evidenciando a presença de um elétron desemparelhado na última camada.

Dentre eles destacam-se o radical superóxido e radical hidroxila. Sendo que, o radical superóxido ocorre em quase todas as células aeróbicas e é produzido durante a ativação máxima de neutrófilos, monócitos, macrófagos e eosinófilos. E, o radical hidroxila é a espécie mais reativa em sistemas biológicos.<sup>29</sup> O peróxido de hidrogênio apesar de não ser um radical livre, por não apresentar elétron desemparelhado na sua última camada, é considerado um metabólito do oxigênio bastante deletério, pois, participa da geração do radical hidroxila ( $\text{OH}^{\bullet}$ ).<sup>29</sup>

Os radicais livres de oxigênio (RLO) são produzidos naturalmente em nosso organismo através de processos metabólicos oxidativos e, são de extrema utilidade, na ativação do sistema imunológico (exemplo, uso de peróxido de hidrogênio pelos macrófagos para destruir bactérias), desintoxicação de drogas e, na produção do óxido nítrico (NO), extremamente importante no relaxamento vascular.<sup>5</sup>

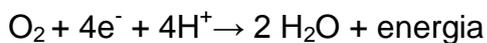
Aproximadamente 85% a 90% do oxigênio que respiramos são utilizados pela mitocôndria, através da cadeia transportadora de elétrons (Figura 3)<sup>30</sup> e, 10% a 15% restantes são utilizados por diversas enzimas oxidases e oxigenases e também por reações químicas de oxidação diretas.<sup>5</sup>



**Figura 3.** Cadeia transportadora de elétrons.

Na parte terminal da cadeia transportadora de elétrons, a enzima citocromo oxidase (equação 1) remove um elétron de cada uma das quatro moléculas reduzidas de citocromo c, oxidando-as e, adiciona os quatro elétrons ao  $O_2$  para formar água. Os restantes são reduzidos de forma univalente em metabólitos denominados espécies reativas de oxigênio.<sup>5,31</sup>

Equação 1- redução tetravalente do oxigênio



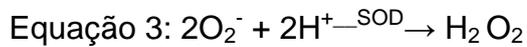
### 2.1.2\_ Espécies reativas de oxigênio (ERO)

O oxigênio tem forte tendência a receber um elétron de cada vez, em virtude da sua configuração eletrônica, favorecendo a formação de espécies reativas de oxigênio, conforme se segue em equações abaixo:<sup>10, 26, 31</sup>

a) A adição de um elétron a uma molécula de oxigênio no estado fundamental favorece a formação do radical superóxido ( $O_2^-$ ).



b) O ânion superóxido ao receber mais um elétron e dois íons de hidrogênio, forma peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), através do processo de dismutação, reação catalisada pela enzima superóxido dismutase (SOD) que é encontrada em quantidades elevadas nas células de mamíferos.

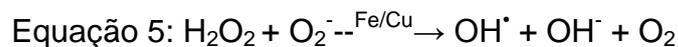


c) Quando o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) recebe mais um elétron e um íon hidrogênio, dá-se a formação do radical hidroxil ( $OH^\bullet$ ), o mais reativo dos intermediários, pois pode reagir e alterar qualquer estrutura celular que esteja próxima e assim influenciar enzimas, membranas e até mesmo ácidos nucleicos.<sup>10, 26, 31</sup>

O radical hidroxil pode ser formado quando o  $H_2O_2$  reage com íons ferro ou cobre (reação de Fenton).



Os íons de metais de transição podem também catalisar a reação entre  $H_2O_2$  e ânion superóxido, dando a formação do radical hidroxil (reação de Haber- Weiss).



Os radicais superóxido e hidroxil são considerados radicais livres, pelo fato de apresentarem elétrons desemparelhados em sua última camada eletrônica. O peróxido de hidrogênio não é um radical livre, no entanto, representa um metabólito de oxigênio parcialmente reduzido. Os metabólitos derivados do oxigênio são chamados espécies reativas de oxigênio (ERO), em função da aumentada reatividade para as biomoléculas e alteram o tamanho e a forma dos compostos com os quais interagem. E, o radical superóxido pode reagir com o óxido nítrico (NO), uma espécie reativa de nitrogênio, gerando peroxinitrito e, conseqüentemente este pode gerar um oxidante com características semelhantes ao do radical hidroxil.<sup>10, 26, 31</sup>



Cada uma das espécies reativas de oxigênio tem suas próprias características, apresentando reatividade e tempo de meia vida diferentes.<sup>10, 26,</sup>

31

### **2.1.3\_ Defesa antioxidante**

Por definição, antioxidante é qualquer substância que, quando presente em baixas concentrações em comparação com as de um substrato oxidável, atrasa ou impede significativamente a oxidação do referido substrato. Ou seja, qualquer substância que retarda, previne ou remove danos oxidativos à uma molécula alvo. Sendo que, o substrato oxidável significa cada molécula orgânica encontrada in vivo.<sup>32</sup> A exposição a uma variedade de radicais livres tem levado ao longo do tempo, os organismos a desenvolver uma série de mecanismo de defesas antioxidantes, sendo que, esses mecanismos podem ser enzimáticos, não enzimáticos e nutricionais.<sup>33</sup>

O sistema de defesa antioxidante divide-se em enzimático e não enzimático. O primeiro inclui as enzimas do ciclo redox da glutathione, especialmente a glutathione peroxidase (GPX). Inclui igualmente a superóxido dismutase (SOD), dependente de cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ) como cofatores na dismutação do ânion superóxido em peróxido de hidrogênio e oxigênio, bem como a catalase (CAT). O sistema não enzimático constitui-se de compostos sintetizados pelo organismo humano, tais como, bilirrubina, ceruloplasmina, melatonina, coenzima Q, ácido úrico, e outros ingeridos regularmente na dieta ou suplementos como o ácido ascórbico (vitamina C), alfa tocoferol (vitamina E), beta caroteno (precursor da vitamina A) e flavonóides.<sup>34</sup>

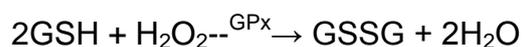
Os antioxidantes do sistema enzimático atuam por meio de mecanismos de prevenção, impedindo e/ou controlando a formação de radicais livres e espécies não radicais, implicados no surgimento de danos oxidativos às membranas.<sup>1,32,34</sup>

A Superóxido dismutase está presente no organismo em duas formas, a primeira contém cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ), ocorre no citosol e a sua atividade não é afetada pelo estresse oxidativo. A segunda contém manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), ocorre na mitocôndria e a sua atividade aumenta em virtude do estresse oxidativo. A SOD catalisa a conversão do ânion superóxido em peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).<sup>22,34</sup>

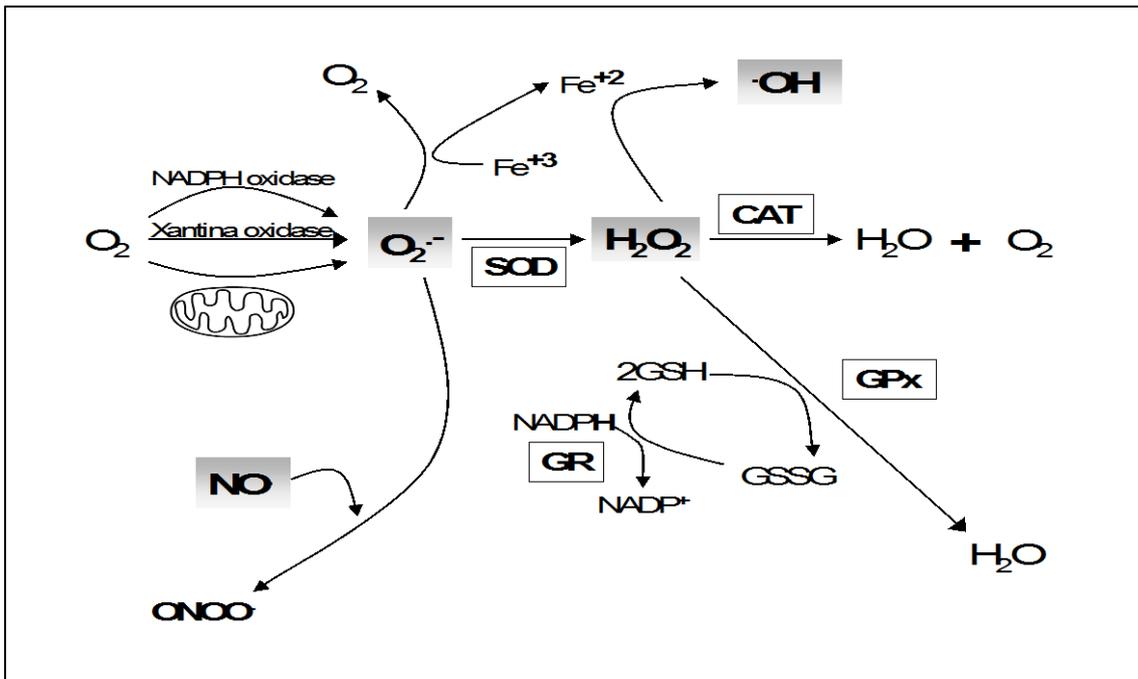
A catalase desempenha um importante papel na eliminação do peróxido de hidrogênio, promovendo a sua catálise até água e oxigênio ( $\text{O}_2$ ).<sup>22,34</sup>



A glutiona peroxidase, à semelhança da superóxido dismutase e da catalase, também funciona como mecanismo de proteção contra o estresse oxidativo, através da conversão da glutiona reduzida (GSH) a glutiona oxidada (GSSG), removendo o excesso de peróxido de hidrogênio e formando água.<sup>22,34</sup>



Portanto, tanto a catalase quanto a glutiona peroxidase evitam acúmulo de ânion superóxido e de peróxido de hidrogênio para que não haja produção de radical hidroxil, contra a qual não existe sistema enzimático de defesa (Figura 4).<sup>31</sup> O equilíbrio entre as enzimas antioxidantes (SOD, CAT, GPx) é importante para a manutenção da integridade celular.<sup>22,31,34</sup>



**Figura 4.** Esquema do estresse oxidativo mostrando a atividade das enzimas antioxidantes.

#### 2.1.4\_Danos

A citotoxicidade do estresse oxidativo está relacionada ao potencial das ERO e ERN (espécies reativas de nitrogênio) em oxidar os constituintes celulares, incluindo proteínas, lipídios e DNA, os quais levam a deterioração da estrutura e função e até a morte celular.<sup>35</sup> Essas alterações ao longo do tempo estão associadas ao desenvolvimento de condições patológicas tais como: câncer, arteriosclerose, artrite, doenças neurodegenerativas, doenças inflamatórias crônicas, doença coronariana, dentre outras condições.<sup>36</sup>

##### 2.1.4.1\_ Dano ao DNA

O radical  $\text{OH}^\bullet$  é conhecido por reagir com todos os componentes da molécula de DNA, causando alterações tanto em bases púricas e pirimídicas, quanto na fita de desoxirribose, podendo ocasionar defeitos no processo de replicação de DNA, levando a mutações e erros de transcrição. Essa alteração

permanente no material genético resultante de dano oxidativo, representa o primeiro passo envolvido em mutagênese, carcinogênese e processo de envelhecimento. A reação do  $\text{OH}^\bullet$  com a guanina, dá origem a 8-hidroxi guanina (8-OH-G), sendo que, sua dosagem urinária é um excelente marcador de estresse oxidativo e carcinogênese.<sup>25</sup>

#### **2.1.4.2\_ Dano protéico**

Vários tipos diferentes de modificações oxidativas em proteínas podem ser induzidas por ataque direto e indireto de ERO e ERN e produtos secundários de estresse oxidativo. A oxidação de proteínas ocorre principalmente pelo ataque de radicais  $\text{O}_2^\bullet$  e  $\text{OH}^\bullet$  e pode ocorrer através de vários mecanismos, tais como: oxidação do sítio catalítico, oxidação induzindo a quebra da cadeia polipeptídica, oxidação de aminoácidos e conjugação de produtos de peroxidação lipídica. O maior produto de oxidação protéica é a geração de proteína carbonilada, através de reações com produtos de lipoperoxidação lipídica, açúcares ou metabólitos oxidados, sendo que, a principal consequência é que esse grupamento pode promover a ligação intra ou inter molecular e formar agregados protéicos. Esses agregados são incapazes de sofrer degradação via mecanismos proteolíticos, causando inibição desses processos e conseqüentemente promovem acúmulo de proteínas oxidadas com aumento de disfunção celular, afetando processos como sinalização celular, estrutura celular e processos enzimáticos, como o metabolismo. A determinação de proteína carbonilada é um excelente marcador de estresse oxidativo protéico.<sup>25</sup>

#### **2.1.4.3\_ Dano lipídico**

O processo de oxidação de lipídios é denominado de peroxidação lipídica ou lipoperoxidação (LPO) e, é o maior evento conseqüente do estresse

oxidativo em lipídios poliinsaturados em membranas celulares. Esse processo pode causar alterações na fluidez e permeabilidade da membrana citoplasmática, alterações de transporte iônico e inibição de processos metabólicos.<sup>36</sup> A LPO começa com a fase de iniciação, onde uma espécie reativa ataca o ácido graxo poliinsaturado, abstraindo um átomo de hidrogênio do grupamento metileno, formando um radical de carbono ( $L\cdot$ ). Em meio aeróbio, o radical alquila inicialmente formado se combina com o oxigênio formando o radical peroxil ( $ROO\cdot$ ), o qual pode abstrair um hidrogênio de outro ácido graxo, gerando um hidroperóxido lipídico (LOOH), este, ainda pode sofrer quebra por metais produzindo radicais alcóxil ( $LO\cdot$ ), sendo que ambos os radicais promovem a etapa de propagação, sequestrando hidrogênios de ácidos graxos adjacentes. A terceira e última etapa da reação, a fase de terminação, dá-se pelo desmembramento dos radicais formados originando aldeídos reativos, com grande capacidade de difusão, como o malondialdeído (MDA), 4-hidroxi-2-noneal (4-HNE), 4-hidro-2-hexenal.<sup>36</sup>

## **2.2\_ Exercício físico e estresse oxidativo**

Durante o exercício físico ocorrem adaptações fisiológicas, que acarretam ajustes cardiorrespiratórios para compensar e manter o esforço realizado. O exercício físico intenso induz a formação de espécies reativas de oxigênio, que podem contribuir para o aparecimento de danos celulares, mediante ativação de três principais vias de formação das espécies reativas de oxigênio: produção mitocondrial, produção citoplasmática e produção favorecida pelos íons ferro e cobre.<sup>37</sup>

### **2.2.1\_ Produção mitocondrial de espécies reativas de oxigênio no exercício**

O oxigênio consumido é reduzido à água na mitocôndria por intermédio da citocromo oxidase, a qual impede a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio nas mitocôndrias das células. No entanto, cerca de 2% a

5% do oxigênio consumido gera normalmente espécies reativas de oxigênio, tais como o ânion superóxido e peróxido de hidrogênio. Ocorre elevação na produção mitocondrial de espécies reativas de oxigênio no organismo durante o exercício físico, devido ao aumento na atividade das enzimas reguladoras (citrato sintetase, isocitrato desidrogenase e oxoglutarato desidrogenase) do Ciclo de Krebs no músculo esquelético, assim sendo, a acentuada atividade destas enzimas é consistente com o metabolismo mitocondrial ativado nesta situação.<sup>37</sup>

### **2.2.2\_Produção citoplasmática de espécies reativas de oxigênio no exercício**

Durante o exercício físico ocorre aumento da atividade do ciclo de degradação das purinas, logo, a adenosina monofosfato (AMP) é desaminada pela enzima adenilato desaminase, a inosina monofosfato (IMP) que se acumula no músculo esquelético. Como a IMP não se difunde rapidamente do músculo esquelético durante o exercício intenso, o seu acúmulo pode levá-la a uma via secundária de metabolização, ocasionando a formação de hipoxantina, xantina, ácido úrico e peróxido de hidrogênio.<sup>37</sup>

A xantina oxidase, em presença de oxigênio, catalisa a oxidação da hipoxantina a xantina e esta a ácido úrico. Em condições de repouso, esta enzima está na forma de xantina desidrogenase (pouco ativa), utilizando o NAD<sup>+</sup> como acceptor de elétrons. Quando há isquemia provocada pelo exercício intenso, a xantina desidrogenase é convertida à xantina oxidase usando o oxigênio molecular como acceptor de elétrons, gerando com isso o ânion superóxido e peróxido de hidrogênio.<sup>37</sup>

Pesquisas demonstraram a ocorrência de dano ao DNA nos leucócitos circulantes após exercício em esteira. Pela primeira vez isto foi mostrado em indivíduos treinados, mas, como a extensão do dano foi pequena, sugeriu-se que a adaptação ao treinamento de resistência aeróbia pode reduzir os efeitos do estresse oxidativo, como o dano ao DNA.<sup>38</sup>

Em virtude do maior consumo de oxigênio, o exercício físico, pode promover aumento na produção de espécies reativas de oxigênio, com mudanças no estado redox da célula. Além de mais, ocorre aumento na liberação de catecolaminas e auto-oxidação das mesmas, com consequente produção de radicais livres. Também, existe a possibilidade de o dano muscular subsequente ao exercício físico causar inflamação e liberar ânion superóxido pela oxidação da NADPH dos neutrófilos. Por conseguinte, a formação de espécies reativas de oxigênio, presentes no exercício físico, pode se dar também, pela produção de ânion superóxido pela mitocôndria, mediante reação da flavina com o oxigênio molecular.<sup>39</sup>

Linke e *co/s.* avaliaram o efeito do treinamento aeróbio em 23 pacientes com insuficiência cardíaca crônica e, após seis meses, observaram melhora na atividade das enzimas CAT e GPx. Com o treinamento físico foi verificado a diminuição das citocinas inflamatórias e melhora na atividade da GPx e da CAT, resultando em diminuição do estresse oxidativo e da apoptose. Como o treinamento físico induziu redução em TNF- $\alpha$ , isso melhorou os níveis de GSH, proporcionando o aumento na atividade da GPx.<sup>40</sup>

Miyazaki e *co/s.* avaliaram o efeito de 12 semanas de treinamento aeróbio de intensidade moderada, uma hora de corrida a 80% da frequência cardíaca (FC) máxima, cinco (5) vezes por semana e, encontraram aumentos da SOD e da GPx após o treinamento.<sup>41</sup>

Portanto, o estresse oxidativo induzido pelo exercício físico é influenciado pela intensidade. A magnitude da melhora do sistema de defesa antioxidante depende do treinamento.<sup>42</sup>

### **2.2.3\_Mecanismos de formação das espécies reativas de oxigênio no exercício**

A demanda energética durante a atividade muscular supera em mais de trinta (30) vezes a demanda de repouso. No entanto, durante a atividade física

ocorre um aumento no consumo de oxigênio, em grande parte em decorrência do aumento do trabalho muscular. Pelo fato de as espécies reativas de oxigênio serem produzidas através do metabolismo intermediário, o exercício provoca aumento da sua produção.<sup>5</sup>

Os principais mecanismos envolvidos na formação das ERO são:

1- Interrupções temporárias das bombas de ATP (Trifosfato de adenosina) dependentes de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) levam ao aumento das concentrações de cálcio intracelular, ativando a via da xantina oxidase durante o exercício, convertendo a xantina desidrogenase em xantina oxidase. A xantina oxidase usa o oxigênio molecular em vez de  $\text{NAD}^+$  (Nicotinamida adenina dinucleotídeo) como aceitante de elétrons gerando assim, o radical superóxido.<sup>15,43</sup>

2- Exercício intenso pode aumentar o estresse oxidativo devido à hipóxia e reoxigenação temporárias, em função das contrações e relaxamentos sucessivos. Durante a contração, ocorre a compressão vascular gerando isquemia e, conseqüentemente, hipóxia. No relaxamento, ocorre a reperfusão e, portanto, a reoxigenação. Na reoxigenação, uma explosão de reduções mono eletrônicas (*respiratory burst*) pode converter o oxigênio molecular em radical superóxido.<sup>15, 43</sup>

3- A ativação de leucócitos polimorfonucleares pode estimular a produção de radicais livres para melhorar os mecanismos de defesa do hospedeiro em resposta ao dano muscular induzido pelo exercício. Os neutrófilos, assim como os monócitos e eosinófilos podem reduzir o oxigênio molecular a radical superóxido via NADPH oxidase (Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato), a qual está inativa nas células em repouso.<sup>43</sup>

4- Concentrações elevadas de cálcio podem ativar a enzima fosfolipase  $\text{A}_2$ , a qual libera o ácido araquidônico a partir dos fosfolipídios. A ciclooxigenase reage com o ácido araquidônico para gerar o radical hidroxil.<sup>5,15,43</sup>

5- A hipóxia tem sido associada ao aumento da atividade do óxido nítrico sintase (NOS), levando a formação de radicais do óxido nítrico. Estes radicais

podem reagir com o ânion superóxido para formar o peroxinitrito, um oxidante mais potente.<sup>5,43</sup>

Portanto, a possibilidade de ocorrer lesão oxidativa nos tecidos depende do equilíbrio entre a geração de espécies reativas de oxigênio e a eficácia dos mecanismos antioxidantes.<sup>43</sup>

### **2.3\_Estresse oxidativo e doença arterial coronariana**

As células da parede vascular, células endoteliais e células musculares lisas, além de produzirem ânion superóxido e peróxido de hidrogênio, são expostos a ERO (espécies reativas de oxigênio) liberadas pelas células sanguíneas e inflamatórias. Os estados iniciais de aterosclerose são caracterizadas por acúmulo de LDL no espaço subendotelial, podendo a LDL sofrer modificação oxidativa pelas células endoteliais, células musculares lisas e macrófagos.<sup>44</sup> Essas espécies reativas de oxigênio são altamente instáveis e extremamente reativas. O tempo de meia vida curta que as mesmas possuem, as torna altamente tóxico para os tecidos, incluindo o coração.<sup>45</sup>

A hipótese de modificação oxidativa está focada em grande parte em torno dos eventos iniciais na aterosclerose e a formação de lesões. No entanto, existem outros eventos oxidativos além da oxidação da LDL que estão envolvidos na aterosclerose e que contribuem para as manifestações clínicas da doença. Por exemplo, ERO (espécies reativas de oxigênio) e ERN (espécies reativas de nitrogênio) têm sido implicadas na proliferação de células do músculo liso, na ativação de metaloproteinase e na função endotelial. Assim, a produção de citocinas e ERO dentro da placa aterosclerótica tem implicações importantes para a sua integridade estrutural. A produção desregulada de oxidantes tem o potencial de promover a produção e ativação de enzimas que degradam a matriz da capa fibrosa da placa.<sup>2</sup>

Sabe-se que a hipertensão, hipercolesterolemia, diabetes e aterosclerose estão associados com um aumento do fluxo de  $O_2^-$  na parede vascular e que

reage com NO resultando na formação do peroxinitrito (ONOO) que por sua vez diminui a bioatividade do NO na parede vascular.<sup>2</sup>

A modificação oxidativa da LDL, é de suma importância para o desenvolvimento da aterosclerose. Partículas de LDL densas, menores, conhecidas como fator de risco para a doença cardiovascular, podem promover a aterogênese, pois, elas não se ligam prontamente para o receptor endógeno de LDL e, por conseguinte, não são eliminados da circulação. Penetram na íntima arterial mais facilmente, são rapidamente oxidados, possivelmente porque eles contêm menos proteção antioxidante, e são absorvidos pelos macrófagos, acelerando a formação de células espumosas. Esta característica histológica precoce conduz ao desenvolvimento de placas ateroscleróticas.<sup>46</sup>

O estresse oxidativo induz a expressão de FAK (*focal adhesion kinase*) e ICAM-1 (molécula de adesão intercelular), as quais, conduzem à invasão da parede arterial por monócitos e células T, considerado um dos eventos mais precoces no desenvolvimento da lesão aterosclerótica. Este processo pode ser estimulada por citocinas e outros fatores, tais como TNF (fator de necrose tumoral), IL-1b (interleucina 1b), a angiotensina II e interferon, as quais, induzem a produção de ânion superóxido a partir do NADPH (nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato) oxidase de membrana nas células endoteliais.<sup>47</sup> Vários estudos epidemiológicos importantes têm observado que o aumento nos níveis de antioxidantes, limita a expressão clínica da doença arterial coronariana.<sup>46</sup>

Em pacientes com doença arterial coronariana uma baixa atividade de antioxidantes ou o aumento dos níveis plasmáticos de ERO e mieloperoxidase estão associados com um risco aumentado de eventos.<sup>2</sup>

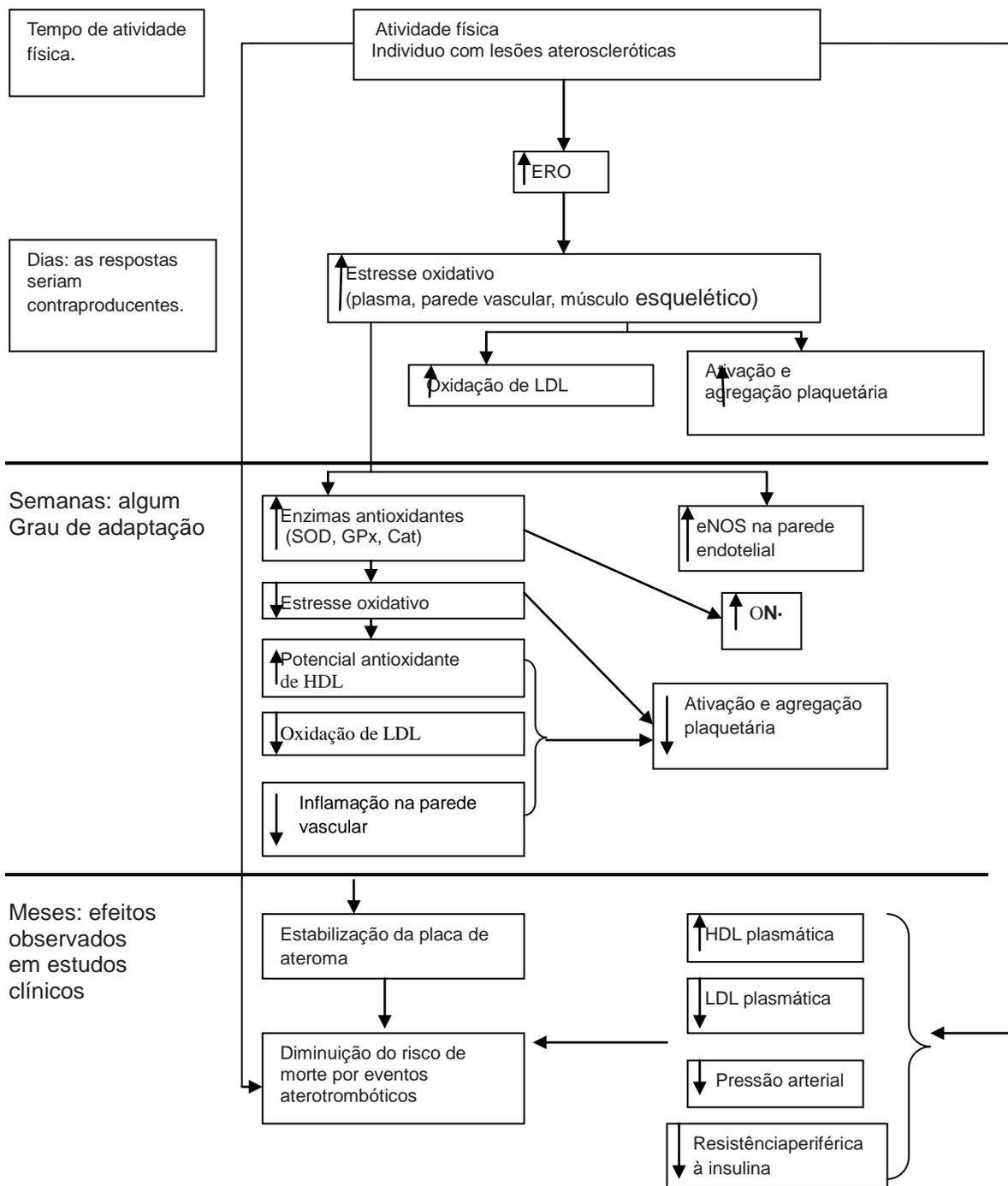
Portanto, os antioxidantes reagem com os radicais livres neutralizando seus efeitos, mediante doação de elétrons formando assim radicais muito menos reativos. Eles são importantes não apenas por reagirem diretamente com os radicais livres, mas também, por agirem entre eles de forma sinérgica.<sup>46</sup>

## **2.4\_ Estresse oxidativo, doença arterial coronariana e exercício**

O sedentarismo é um dos fatores de risco mais importantes para inúmeros distúrbios e doenças do sistema músculo-esquelético, cardiovascular, metabólico, entre outros. Os benefícios do exercício físico regular a uma intensidade e duração adequadas têm sido amplamente comprovados.<sup>48,49</sup> Sabe-se que, a sua prática por pelo menos 150 minutos por semana é extremamente importante para a prevenção primária de eventos cardiovasculares, e a reabilitação cardíaca é um fator protetor na prevenção secundária.<sup>50</sup>

Em geral, o impacto dos radicais livres em alguns componentes celulares é medida através da quantificação da peroxidação lipídica. Em pacientes com doença cardíaca coronariana tem sido relatado melhora da função endotelial com o aumento da atividade da SOD e atenuação do estresse oxidativo a partir de doze (12) semanas de treinamento.<sup>51</sup>

O exercício físico, apesar de causar estresse oxidativo, exerce também um papel cardioprotetor. A hipótese pela qual se pode explicar o efeito clínico de redução do risco cardiovascular se baseia no fato de que, no início da prática de exercício físico (em torno de dias) há aumento das ERO (espécies reativas de oxigênio) com conseqüente estresse oxidativo, aumento da susceptibilidade à oxidação da LDL e possível aumento da ativação e agregação plaquetária. Com o treinamento (10 a 12 semanas) se consegue adaptações tais como, aumento de enzimas antioxidantes e eNOS, levando a uma diminuição das ERO e aumento do eNOS (aumentando a sua síntese e aumentando também a SOD, que ao metabolizar o ânion superóxido, previne reação deste com o NO•), ocorrendo menor suscetibilidade do LDL à oxidação, assim como a redução da resposta inflamatória, resultando na estabilização da placa de ateroma (em torno de meses), e uma possível diminuição da ativação e agregação plaquetária e, modificação de outros fatores de risco, entre os quais, a diminuição da pressão arterial (Figura. 5).<sup>51</sup>



**Figura 5.** Representação esquemática ilustrando o tempo de exercício físico e as respectivas modificações no organismo.

### 3. JUSTIFICATIVA

---

Existem controvérsias no papel do estresse oxidativo no exercício:

- Alguns autores defendem que o exercício físico pode promover aumento da produção de espécies reativas de oxigênio, modificando assim, o estado redox da célula. Além de mais, ocorre aumento na liberação de catecolaminas e auto-oxidação das mesmas, podendo produzir radicais livres.<sup>6,52</sup>
- Outros defendem que o exercício físico regular promove adaptações favoráveis ao organismo mediante equilíbrio na produção de antioxidantes.<sup>43</sup>

Em virtude disso, decidimos avaliar os benefícios de um programa de reabilitação cardíaca no controle do estresse oxidativo.

#### **4. HIPÓTESE**

---

O treinamento físico regular atenua o estresse oxidativo em pacientes coronariopatas crônicos revascularizados.

## 5. OBJETIVOS

---

### **Objetivo geral**

- Verificar se o estresse oxidativo (avaliado através de marcadores bioquímicos) é atenuado por um programa de reabilitação cardíaca em pacientes coronariopatas crônicos revascularizados.

### **Objetivos específicos**

- Analisar os marcadores de dano oxidativo de lipoperoxidação (TBARS) e oxidação de proteínas (PC);
- Analisar os marcadores de estresse oxidativo enzimáticos (SOD, CAT e GPx) e não-enzimático (GSH, Ácido úrico e FRAP).

## **6. PACIENTES E MÉTODOS**

---

### **6.1\_ Desenho do estudo**

Estudo quase Experimental, com séries temporais.

### **6.2\_ Seleção de pacientes**

A população do estudo foi constituída por pacientes com doença coronariana crônica estável que se submeteram a cirurgia de revascularização miocárdica, com início no programa de reabilitação cardíaca, entre seis (6) meses e um (1) ano após a alta hospitalar.

São pacientes voluntários do Sistema Único de Saúde (SUS), oriundos de várias unidades hospitalares do Estado do Rio de Janeiro, inclusive do Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro (IECAC), local onde foi realizada a coleta das amostras e a reabilitação cardíaca.

### **6.3\_ Critérios de inclusão**

- 1- Pacientes com antecedentes de cirurgia de revascularização miocárdica, com indicação de iniciar programa de reabilitação cardíaca entre o 6º mês e 1 ano após a alta hospitalar.\*
- 2- Pacientes com duas (2) ou mais pontes (safena/ mamária).
- 3- Pacientes com fração de ejeção igual ou maior que 35%.
- 4- Pacientes com padrão alimentar e medicamentoso definido e que não estavam em uso de vitamina C, vitamina E, e suplementos alimentares contendo compostos antioxidantes.

\*A justificativa para a escolha de pacientes dentro desse período, se deve ao fato de não haver diferença significativa na letalidade entre o 6º mês e 1 ano após alta hospitalar, ou seja, o grupo é mais homogêneo (Anexo 1).

#### **6.4\_ Critérios de exclusão**

1- Pacientes menores de 18 anos.

2- Grávidas.

3- Fumantes/ Tabagistas

4-Protocolo inicial de admissão incompleto

5- Dados clínicos ou laboratoriais sugestivos de doença renal aguda ou crônica, doença hepática, insuficiência cardíaca refratária ou disfunção tireoidiana em qualquer estágio;

6- Pacientes com condições clínicas instáveis que contraindicam a prática de exercício físico:

- Angina instável, tromboflebite, embolia recente, infecção sistêmica aguda;
- Bloqueio átrio- ventricular de 3º grau (BAV 3º grau) sem marca-passo, pericardite ou miocardite aguda, arritmia não controlada;
- Insuficiência ou estenose mitral ou aórtica graves sem tratamento adequado, insuficiência cardíaca descompensada, hipertensão arterial descontrolada (PAS $\geq$  200 mm Hg ou PAD $\geq$ 110 mm Hg), depressão do segmento ST >2 mm;
- Problemas ortopédicos ou neurológicos graves, *diabetes mellitus* descontrolada, doença sistêmica aguda ou febre de origem desconhecida.

#### **6.5\_ Dados obtidos dos pacientes pré- programa de reabilitação cardíaca**

A- Anamnese e exame físico completos

- Dados constitucionais: data de nascimento (idade), sexo, altura e peso corporal, pressão arterial, frequência cardíaca;
- Dados sócio-econômicos: local de nascimento e perfil migratório, situação conjugal, escolaridade, renda familiar, profissão e vínculo empregatício e ocupação, uso de fumo e de bebidas alcoólicas, dieta e atividade física. História reprodutiva das mulheres;
- Complicações: arritmias, insuficiência cardíaca, fenômenos tromboembólicos e acidente vascular cerebral;
- História patológica pregressa: outras doenças associadas.

B - Base de dados padronizada de exames complementares:

Hemograma, glicemia, creatinina, ácido úrico, potássio, proteínas totais e frações, urinálise, avaliação radiológica, eletrocardiografia de repouso, colesterol total, HDL-colesterol, LDL-colesterol, triglicerídeos (exames realizados no Serviço de Cardiologia do IECAC). Os dados acima referidos foram registrados em ficha apropriada e anexados em prontuário.

### **6.6\_ Avaliação Clínica pré-programa de reabilitação cardíaca**

A avaliação clínica foi realizada para permitir a verificação de sinais e sintomas cardiovasculares e digestivos, compatíveis com a doença coronariana, assim como para fazer o diagnóstico diferencial com outras cardiopatias ou doenças não cardíacas que afetassem o sistema cardiovascular. Também, foram checadas as medicações ao longo estudo.

Os hábitos alimentares dos pacientes foram checados por 3 vezes em tempos diferentes através de questionário de frequência (Anexo 2) e uma quarta vez através de um recordatório alimentar descrito pelo paciente. Somente foram considerados para o estudo aqueles pacientes que tiveram as respostas coincidentes entre os questionários e o recordatório. E, ao longo do

presente estudo foram checados pelo menos mais 2 vezes os hábitos alimentares dos mesmos.

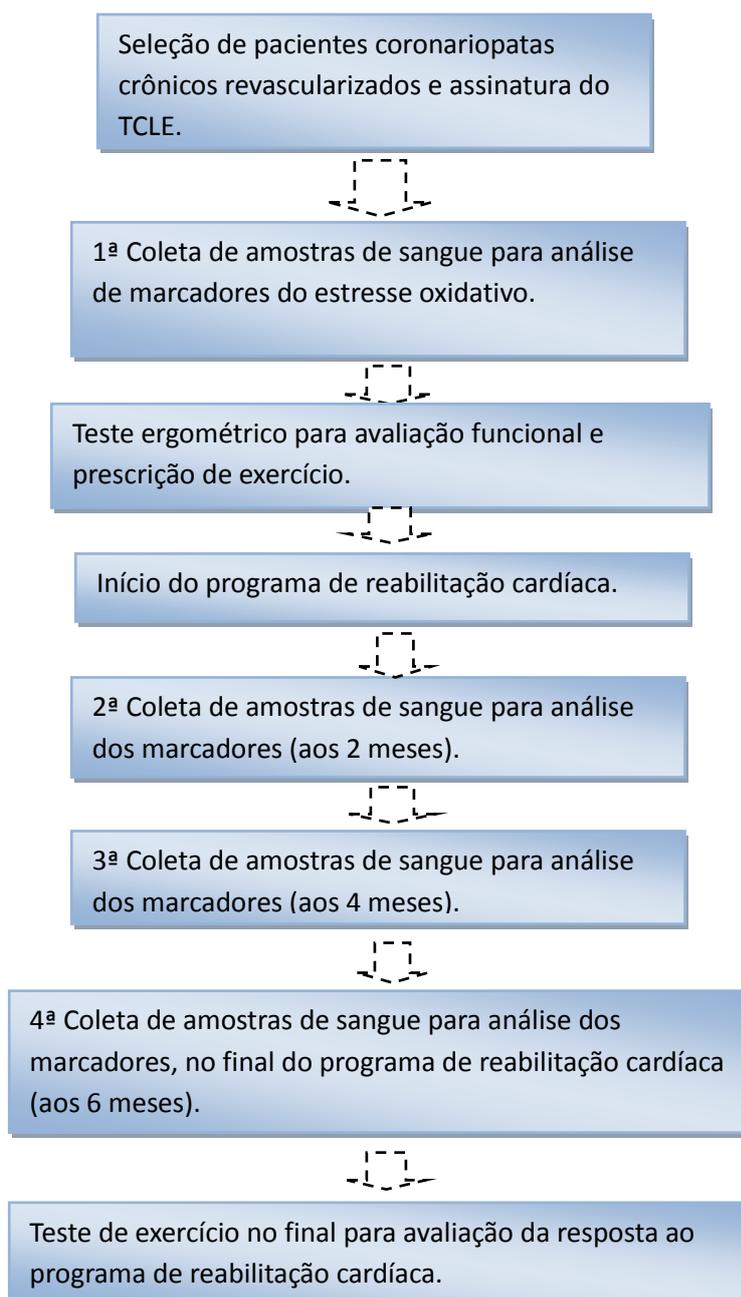
### **6.7\_Dinâmica de atendimento para ingressar no programa de reabilitação cardíaca**

Para ingressar no programa de reabilitação cardíaca, os pacientes foram primeiramente submetidos à anamnese, para avaliação da sua indicação e do histórico da doença. Em seguida, os pacientes participaram de duas (2) sessões de palestras educativas onde foram apresentadas noções básicas do funcionamento do aparelho cardiovascular, bem como informações sobre os fatores de risco cardiovascular, a doença cardíaca, a importância da dieta e orientações sobre o funcionamento do setor de reabilitação cardíaca.

No final da reunião, os pacientes foram convidados a participar da pesquisa, sendo entregue o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para leitura minuciosa e assinatura (Anexo 3). Posteriormente, os pacientes foram submetidos ao teste ergométrico convencional para a avaliação funcional e prescrição do exercício, porém, antes do teste ergométrico procedeu-se a coleta de amostras de sangue para aferição dos marcadores bioquímicos do estresse oxidativo e, em seguida começaram a reabilitação cardíaca (Figura 6).

O teste ergométrico foi realizado em esteira ergométrica (Micromed-Brasília) e o programa de ergometria (Ergo PC 13 Micromed- Brasília), sob protocolo individualizado em rampa.

## Fluxograma



**Figura 6.** Protocolo geral do estudo. TCLE- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foram realizadas cinquenta (50) sessões de exercício durante o programa de reabilitação cardíaca. Os pacientes foram seguidos durante os seis (6) meses do programa de reabilitação cardíaca.

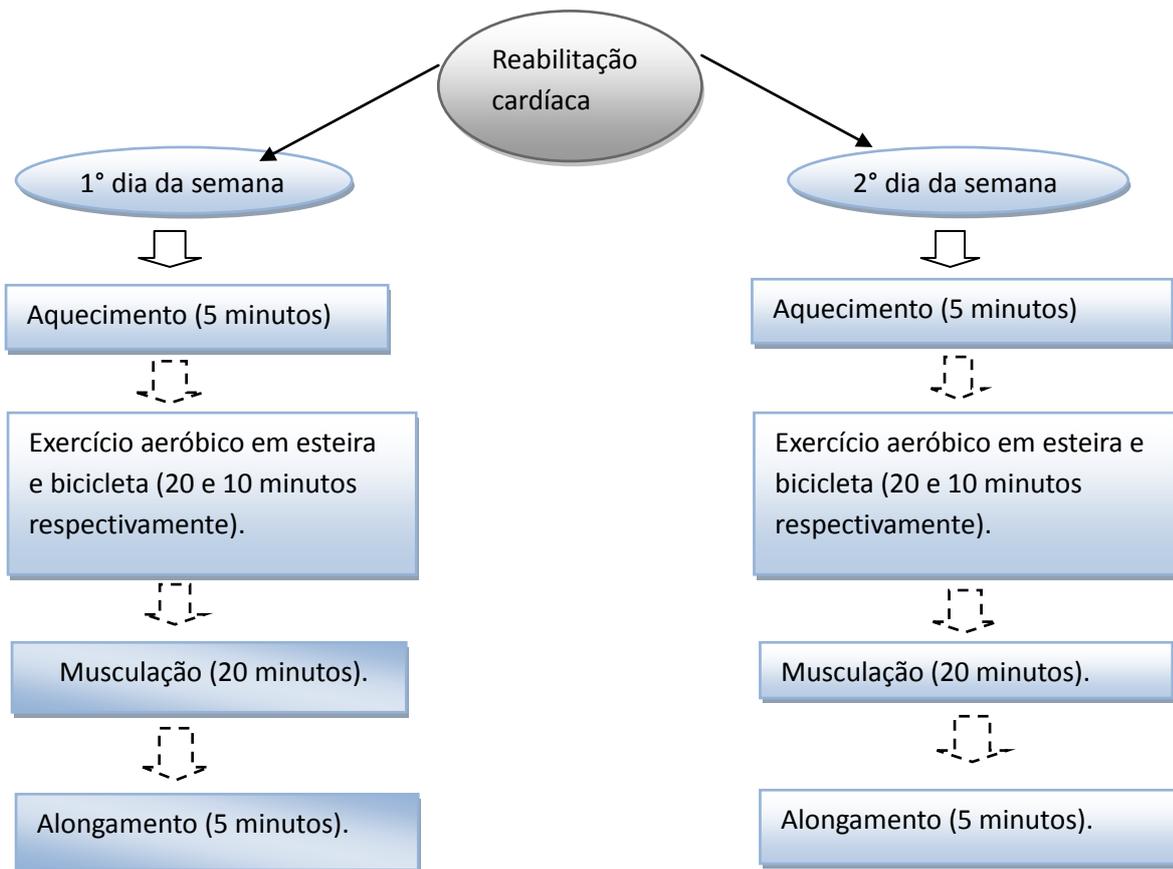
### **6.8\_Programa de reabilitação cardíaca**

O programa de reabilitação cardíaca teve a duração de seis (6) meses, com um total de cinquenta (50) sessões de exercícios realizadas duas (2) vezes por semana, com a duração diária de uma (1) hora a uma (1) hora e quinze (15) minutos, dividido da seguinte forma: cinco (5) minutos de aquecimento, seguidos de vinte (20) e dez (10) minutos de exercício aeróbico em esteira e bicicleta respectivamente, vinte (20) minutos de musculação e finalmente cinco (5) minutos de alongamento (Figura 7). Ou seja, as sessões englobaram exercícios dinâmicos realizados em esteira e cicloergômetro, exercícios de força em equipamentos específicos de musculação, exercícios de equilíbrio e de flexibilidade.

A intensidade de exercício na primeira sessão foi estimada com base na capacidade funcional determinada pelo número de METs avaliados no teste ergométrico e pela faixa de frequência cardíaca definida para o treinamento. Os aumentos ou reduções subsequentes na intensidade do exercício foi em função da frequência cardíaca, da escala de Borg (0 a 10) e da tolerância ao exercício alcançada pelo paciente. A intensidade foi aumentada a partir da identificação da redução da sensação subjetiva de cansaço (escala de Borg de 0 a 10) para a mesma intensidade de exercício.

Durante o exercício aeróbico os pacientes foram orientados a se exercitar dentro da zona alvo de frequência cardíaca pré-determinada. Para determinação da intensidade da frequência cardíaca de treinamento, foi utilizada a equação de Karvonen adaptado, com o limite inferior correspondente a 60% da reserva de frequência cardíaca (FC) e o limite superior a 80% da reserva de FC:

- Limite inferior:  $\{[(\text{Frequência cardíaca máxima} - \text{Frequência cardíaca de repouso}) \times (0,6 + \text{MET}/100)] + \text{Frequência cardíaca de repouso}\} - 5$
- Limite superior:  $\{[(\text{Frequência cardíaca máxima} - \text{Frequência cardíaca de repouso}) \times (0,8 + \text{MET}/100)] + \text{Frequência cardíaca de repouso}\} + 5$



**Figura 7-** Protocolo de reabilitação cardíaca.

## 6.9\_Marcadores do estresse oxidativo e defesas antioxidantes

As coletas para as análises dos marcadores bioquímicos do estresse oxidativo foram realizadas antes do início do programa (M0), no segundo (2º)

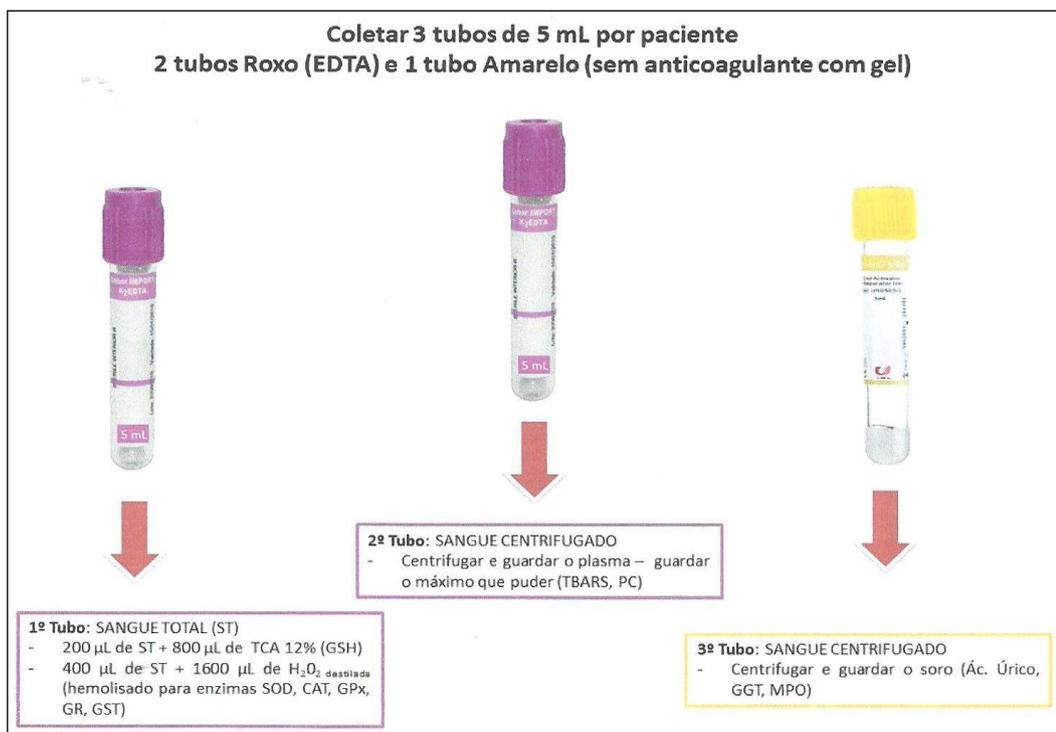
mês após o início (M1), no quarto (4°) mês (M2) e no sexto (6°) mês (M3) imediatamente após o término do programa.

Ao longo do estudo foram avaliados marcadores de dano lipídico (TBARS- Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico), marcadores de dano às proteínas (PC- Proteína carbonilada) e marcadores de defesa antioxidante, sendo antioxidantes enzimáticos (SOD- Superóxido dismutase, CAT- Catalase e GPx- Glutathione Peroxidase), antioxidante não enzimático (GSH- Glutathione reduzida) e a capacidade antioxidante total (*Frap- Ferric Reducing Antioxidant Power*). Para tal, amostras de sangue (10 ml) de pacientes coronariopatas crônicos revascularizados foram coletadas.

Os pacientes foram divididos em função do tempo de revascularização miocárdica (6- 8 meses; 8- 10 meses; 10- 12 meses), com o intuito de observar se a revascularização miocárdica interferiria no resultado em relação aos marcadores de estresse oxidativo.

### **6.9.1\_Preparação das amostras**

As amostras de sangue foram coletadas sob vácuo, via intravenosa utilizando dois (2) tubos EDTA para plasma e um (1) tubo para soro, em fossa antecubital, sendo que, no primeiro EDTA retirou-se 200 µl de sangue total, misturou-se com TCA (ácido tricloroacético) a 12% em criotubo alfalab/ 2 ml para aferição da GSH e, depois se retirou 400 µl de sangue total, misturou-se com 1600 µl de água destilada e colocado em criotubo alfalab/ 2 ml para aferição da SOD, CAT, GPx e GR. O segundo EDTA foi colocado para centrifugar a 5000 Rpm (rotações por minuto) durante dez (10) minutos para separação do plasma, posteriormente, colocou-se o plasma em criotubo alfalab/ 2 ml para aferição de TBARS (Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) e análise de carbonilação das proteínas. O tubo de soro também foi centrifugado a 5000 Rpm durante dez (10) minutos para separação do soro e, posteriormente colocado em criotubo alfalab/ 2 ml para aferição do ácido úrico (Figura 8).



**Figura 8-** Protocolo de preparação das amostras.

Após esse processo de preparação das amostras, as mesmas foram transportadas em isopor a temperatura de  $-8^{\circ}$  a  $-2^{\circ}$  e armazenadas em freezer a  $-80^{\circ}$  na UERJ (Universidade do estado do Rio de Janeiro). Em seguida, essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de bioquímica experimental da Universidade Federal de Santa Catarina (LABIOEX- UFSC) para análise de marcadores bioquímicos do estresse oxidativo.

Os criotubos foram codificados de acordo com o número da sequência de entrada do paciente no estudo e ao momento correspondente a coleta. Sendo que, as coletas foram efetuadas em quatro (4) momentos, M0, M1, M2 e M3 (por exemplo, P1M0- Paciente número 1, Momento zero (0) correspondente ao início do estudo e P1M1, P1M2, P1M3 correspondentes ao mesmo paciente nos momentos subsequentes).

## 6.9.2\_Marcadores de dano oxidativo

### a) Peroxidação lipídica (TBARS)

A avaliação da peroxidação lipídica endógena foi realizada em triplicata, através da detecção em 535nm dos derivados de seus produtos de oxidação, por meio de substâncias que reagem com o ácido tiobarbitúrico (TBARS), destacando-se o malondialdeído (MDA), produzindo uma base de Schiff de coloração rosa.<sup>53</sup> Para tal, em tubos de ensaio contendo 1 mL de TCA 12% foi adicionado 100 µL de plasma e homogeneizado em vórtex. Em seguida, acrescentou-se 0,9 mL de Tampão Tris-HCl, 60 mM, pH 7,4 (0,1mM DTPA) e 1 mL de ácido tiobarbitúrico 0,73%. Após nova homogeneização seguida de incubação de 60 min a 100 °C, o material foi resfriado durante 30 min a 4°C e centrifugado (5.000 g por 5 min). O sobrenadante foi utilizado para a leitura e os resultados expressos em mmol.mL<sup>-1</sup>.

#### **b) Proteína carbonilada (PC)**

Objetivando analisar o dano oxidativo às proteínas por carbonilação, foram determinados os níveis plasmáticos de proteína carbonilada, segundo método de Levine e cols.<sup>54</sup> Em tubos do tipo *ependorf* contendo 600 µL de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) foi adicionado 100 µL de plasma e homogeneizado em vórtex. Posteriormente, foi incubado durante 1 h (à temperatura ambiente, protegido da luz, sob agitação. Em seguida, foram adicionados 600 µL de TCA a 20%, seguido de agitação e refrigeração (banho de gelo) por 10 min e centrifugado por 5 min a 800 g. O *pellet* formado foi lavado por 3 vezes, seguidas de centrifugação durante 5 min a 800 g, utilizando 600 µL de etanol: acetado de etila (1:5). Após a última lavagem, excesso de etanol:acetado de etila foi removido com auxílio de um cotonete e foram adicionados 800 µL de guanidina e incubado por 60 min a 37°C e na sequência, foi realizada a leitura em 360 nm. A concentração de proteínas totais (PT) foi determinada de acordo com o método de Lowry e cols (1951), utilizando uma curva padrão de albumina. A concentração de proteína carbonilada foi expressa em nmol. mg<sup>-1</sup>.

### **6.9.3-Defesas antioxidantes**

#### **6.9.3.1\_Determinação das defesas antioxidantes enzimáticas**

##### **a) Superóxido dismutase (SOD)**

A atividade da SOD foi medida espectrofotometricamente em 480 nm, de acordo com o método de Misra e Fridovich <sup>55</sup>, modificado por Boveris e colaboradores <sup>56</sup>, mediante a oxidação da adrenalina (mudança de pH 2,0 para pH 10,0), que forma o ânion superóxido e um cromóforo róseo, o adrenocromo, onde a enzima presente na amostra retarda sua formação. Os valores da SOD (USOD.mL<sup>-1</sup>) foram expressos em termos de atividade da enzima, onde uma unidade de SOD é definida como a quantidade de enzima necessária para diminuir à metade a velocidade de formação do adrenocromo. <sup>55</sup> As amostras foram previamente lavadas com solução de clorofórmio:etanol (3:5, v:v), com o intuito de eliminar a interferência da hemoglobina e impedir a geração do ânion superóxido artefactual no ensaio. <sup>56</sup> Em uma cubeta contendo 1,95 mL de glicina 50 mM, pH 10,2, foram adicionados 50 µL de adrenalina 60 mM (pH 2,0 aproximadamente, gelo e frasco âmbar). A velocidade inicial de formação do adrenocromo foi monitorada durante cerca de 100s do início da reação, com acréscimo de absorbância a cada intervalo de 15s em torno de 0,013-0,015 unidades, para então adicionar a alíquota da amostra, geralmente em torno de 20 a 100 µL, dependendo da concentração e atividade da enzima presente nesta alíquota, totalizando um tempo de aproximadamente 3 min. Curvas de 3 ou 4 pontos permitiram avaliar indiretamente a atividade enzimática da SOD. Os valores foram expressos em USOD.mL<sup>-1</sup>.

##### **b) Catalase (CAT)**

A atividade da enzima catalase foi determinada segundo o método descrito por Aebi <sup>57</sup>, que quantifica a velocidade de decomposição do peróxido de hidrogênio, em 240 nm durante 20 s, pela enzima presente na amostra. Utiliza-se a solução de peróxido de hidrogênio 10 mM em tampão fosfato 50

mM pH 7,0 preparada e titulada no dia da análise. Para isso, adicionou-se 2 mL desta solução na cubeta, com acréscimo de 20µL da amostra, em seguida realizou-se leitura da queda da absorbância. Os valores foram expressos em  $\text{mmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

### **c) Glutathione peroxidase (GPx)**

A determinação da atividade da glutathione peroxidase foi realizada de acordo com o método de Flohé e Gunzler <sup>58</sup>, no qual a reação é baseada na redução do terc-butilhidroperóxido (t-BuOOH) pela oxidação de GSH e formação de GSSG, catalisada pela GPx. Assim, a medida consiste na oxidação (verificada através da queda da absorbância) do NADPH medido em 340 nm, uma vez que o NADPH é utilizado na regeneração de GSH pela enzima GR. Portanto, a velocidade de oxidação do NADPH é proporcional à velocidade de produção de GSSG a partir de GSH, catalisada pela GPx presente na amostra analisada. O procedimento técnico foi realizado através do preparo de um meio de reação contendo 25 mL de tampão fosfato (0,1 M pH 7,0), 8,6 mg de NADPH, 10 mL de ácido dietilenotriaminopentacético (DPTA, 5 mM pH 7,0), 15 mL de água destilada, 24 mg de GSH, 3,8 µL de GR 5U e 100 µL de KCN 50 mM, sob refrigeração, no momento do ensaio. A adição do KCN teve como objetivo evitar interferência (super avaliação da enzima) devido à oxidação da hemoglobina presente nos lisados, convertendo assim hemoglobina em meta-hemoglobina, a qual não é detectada na leitura. Posteriormente, em temperatura ambiente, foram adicionados 10 µL de amostra de t-BuOOH em 1 mL de um meio de reação na cubeta. Os valores foram expressos em  $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

### **d) Glutathione reductase (GR)**

A mensuração da atividade da GR foi determinada pelo método de Calberg e Mannervick <sup>59</sup>, o qual verifica em 340 nm, a taxa de oxidação do NADPH devido à formação de GSH, a partir da GSSG, pela ação desta enzima presente na amostra. O procedimento foi realizado primeiramente com a

preparação de um meio de reação contendo tampão fosfato 0,1 M pH 7,0; 8,6 mg de NADPH; 30,6 mg de glutatona oxidada e DPTA 5 mM (preparo realizado em gelo). Em seguida, sob temperatura ambiente, foi adicionado diretamente na cubeta 0,95mL de meio de reação, e a adição de 50µL de amostra (lisado) dando início à reação que foi monitorada durante 3min, gerando uma curva decrescente. Os valores da atividade desta enzima foram também expressos em  $\mu\text{mol}\cdot\text{min}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

### **6.9.3.2\_ Determinação das defesas antioxidantes não enzimáticas**

#### **a) Glutationa reduzida (GSH)**

O conteúdo de GSH foi avaliado no sangue total através da determinação dos tióis não-protéicos, uma vez que a GSH representa  $\cong 95\%$  do total destes tióis. Primeiramente, para realização do ensaio, foi feito extrato ácido imediatamente após a coleta de sangue, adicionando 0,2 mL de sangue total em 0,8 mL de ácido tricloroacético a 12% (TCA 12%). Após homogeneização, foi realizada centrifugação (5000 g, por 5 minutos) e o sobrenadante então foi utilizado para o ensaio. Adicionou-se 0,2 mL de ácido 2-nitrobenzóico (DTNB) 2,5 mM nas cubetas contendo 1,9 mL de tampão fosfato 0,2 M pH 8,0 e 0,1 mL da amostra, tendo permitido, após cerca de 3 min e agitação intermitente da cubeta, a obtenção máxima de formação do ânion tiolato (TNB) de cor amarela, mensurável em 412 nm. Os valores medidos em triplicata foram expressos em  $\mu\text{mol}\cdot\text{mL}^{-1}$ .<sup>60</sup>

#### **b) Ácido úrico (AU)**

O conteúdo de ácido úrico (AU) sérico foi determinado através de *kit* comercial da Analisa®, onde o AU é oxidado pela uricase em alantoína, CO<sub>2</sub> (gás carbônico) e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Através de uma reação oxidativa, catalisada pela peroxidase, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> formado reage com o diclorohidroxibenzeno sulfonato (DHBS) e 4-aminoantipirina (4-AMP), produzindo uma antipirilquinonimina, de cor vermelha. A absorbância do complexo formado, medida em 520 nm, é diretamente proporcional à concentração de AU da amostra. De acordo com as

instruções do *kit*, foram adicionados 20 µL da amostra e padrão nos seus respectivos tubos contendo 1 mL de reagente de trabalho, constituído de tampão e uricase (4:1). Em seguida, os tubos foram homogeneizados e incubados por 10 min, a 37°C. Na sequência foi realizada a leitura das absorbâncias em 520 nm, acertando o zero com o branco (1 mL do reagente de trabalho). As análises de todas as amostras foram feitas em triplicata e os resultados expressos em mg.dL<sup>-1</sup>.

### **6.9.3.3\_Potencial Antioxidante Total do Plasma (FRAP)**

A capacidade antioxidante do plasma (FRAP- “ferric reducing ability of plasma”) foi determinada segundo Benzie & Strain <sup>62</sup>, a qual mede a capacidade que o plasma apresenta para reduzir os íons Fe<sup>+++</sup> em Fe<sup>++</sup> em uma reação redox acoplada a um método colorimétrico.

O reagente de trabalho utilizado foi preparado misturando 10 volumes de tampão acetato de sódio (300 mM, pH 3,6), 1 volume de TPTZ (2,4,6-tripiridyl-s-triazina; 10 mM preparado em HCl 40 mM) e 1 volume de cloreto férrico FeCl<sub>3</sub> (20 mM). Em seguida, 3 mL do reagente de trabalho foi colocado na cubeta para zerar o espectro (branco) e depois colocou-se 3 mL do reagente de trabalho na cubeta e 100µl da amostra (plasma). A leitura da absorbância foi feita em 593nm no tempo zero, e 4 min após a incubação da amostra a 37°C. Como padrão foi usado o ácido ascórbico (250 µM), submetido às mesmas condições. <sup>63</sup>

## **6.10\_ Acompanhamento Clínico durante o estudo**

Um esquema de consultas médicas foi determinado para monitorar o acompanhamento dos pacientes durante o programa de reabilitação cardíaca, sendo que foram realizadas visitas médicas após: 15 ± 2 dias, 4 semanas ± 3 dias, 2 meses, 4 meses e 6 meses (final do programa). Todas as informações

foram obtidas, diretamente dos pacientes ou de seus prontuários. Do mesmo modo, ao longo do estudo, exames que se fizeram necessários, ou seja, com mudança clínica do paciente, foram repetidos. Os pacientes foram monitorados e orientados a evitar a utilização de suplementos alimentares e manter as mesmas medicações e dosagens.

As intervenções diagnósticas e terapêuticas durante os 6 meses de reabilitação cardíaca seguiram as recomendações das diretrizes específicas para acompanhamento e tratamento das complicações da doença coronariana crônica estável.<sup>17,64</sup> As medicações não foram alteradas e nem as doses das mesmas neste período de estudo.

### **6.11\_ Considerações éticas**

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro (CEP-IECAC), sob protocolo número 20554913.0.0000.5265 e, todos os pacientes que concordaram em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Trata-se de um estudo em que não foram testadas intervenções diagnósticas ou terapêuticas novas. Portanto, não houve riscos envolvidos na participação dos pacientes no estudo. Todos os pacientes tiveram acesso a exames complementares, medicações e intervenções terapêuticas não farmacológicas de forma ampla e gratuita, conforme recomendações do Comitê de Ética. O projeto contou ainda com a participação do Serviço Social do IECAC na prestação de assistência aos pacientes, sempre orientando no que se refere aos seus direitos previdenciários e obtenção de passe livre nos transportes urbanos.

### **6.12\_ Conflitos de Interesse**

O pesquisador responsável pela coleta dos dados, o coordenador e o autor desta linha de pesquisa declaram não haver nenhum conflito de

interesse, particular ou financeiro para a execução dessa pesquisa.

## 7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

---

Para análise dos dados foi utilizado o SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 20.0 como pacote estatístico.

Os resultados foram expressos em média e desvio padrão da média, e para a análise dos dados paramétricos foi usado a Anova one-way com o teste de Tukey para todos os marcadores.

O nível de significância estabelecido foi de 5% e o nível de confiança foi de 95%. Todos os resultados menores de 0,05 foram considerados estatisticamente significativo.

Os dados estão apresentados em gráficos (Box plot).

## 8. RESULTADOS

---

### 8.1\_Fluxo de Participantes

Foram alocados para este estudo um total de quarenta (40) pacientes, sendo que, no 2º mês perdeu-se cinco (5) e no 4º e 6º mês perdeu-se cinco (5) e dois (2) pacientes, respectivamente (Figura 9).



Figura 9\_ Fluxograma de acompanhamento de pacientes ao longo do estudo.

### 8.2\_Características gerais da população do estudo

Foram reunidos 40 pacientes com diagnóstico de doença coronariana crônica estável, sedentários, com idades entre 42 e 75 anos, sendo pacientes do sexo masculino 72,5 %. Cerca de 52,2 % estavam acima do peso (sobrepeso), 67,5 % com comorbidades, mais de 60% dos pacientes estavam em uso de Inibidores de enzima de conversão da angiotensina (IECA), Estatina e betabloqueador. Todos os pacientes não apresentavam disfunção tireoidiana, anemia e nem infecções concomitantes (Tabela 1).

**Tabela 1. Características gerais da população do estudo.**

<b>Variável</b>	<b>Pacientes (n=40)</b>
Idade (média)	61,1 (42-75)
Masculino	29
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,4 (23,1-28,3)
HAS (%)	20
DM (%)	2,5
Dislipidemia (%)	10
Comorbidades (HAS+DM/DLP) %	67,5
IECA (%)	72,5
Beta-bloqueador (%)	95,0
Bloqueadores Ca <sup>++</sup> (%)	2,5
Diurético (%)	12,5
Estatina (%)	82,5
Ativo	Não
Sedentário	SIM
Hemoglobina (mg/dl)	11,9-14,2
Leucócitos (células/mm <sup>3</sup> )	5300±800
TSH (um/L)	2,3- 3,1

**Fonte:** Dados da pesquisa. **HAS-** Hipertensão arterial sistêmica; **DM-** *Diabetes mellitus*; **IMC-** Índice de massa corporal. **DLP-** Dislipidemia.

Ao avaliar o comportamento dos marcadores de dano (TBARS e PC) e defesa antioxidante (Ácido úrico e FRAP) nos diferentes tempos após revascularização miocárdica (6- 8 meses; 8- 10 meses; 10- 12) constatou-se que não houve diferença estatística entre os mesmos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tempo em meses após revascularização miocárdica e atividade dos marcadores do estresse oxidativo.

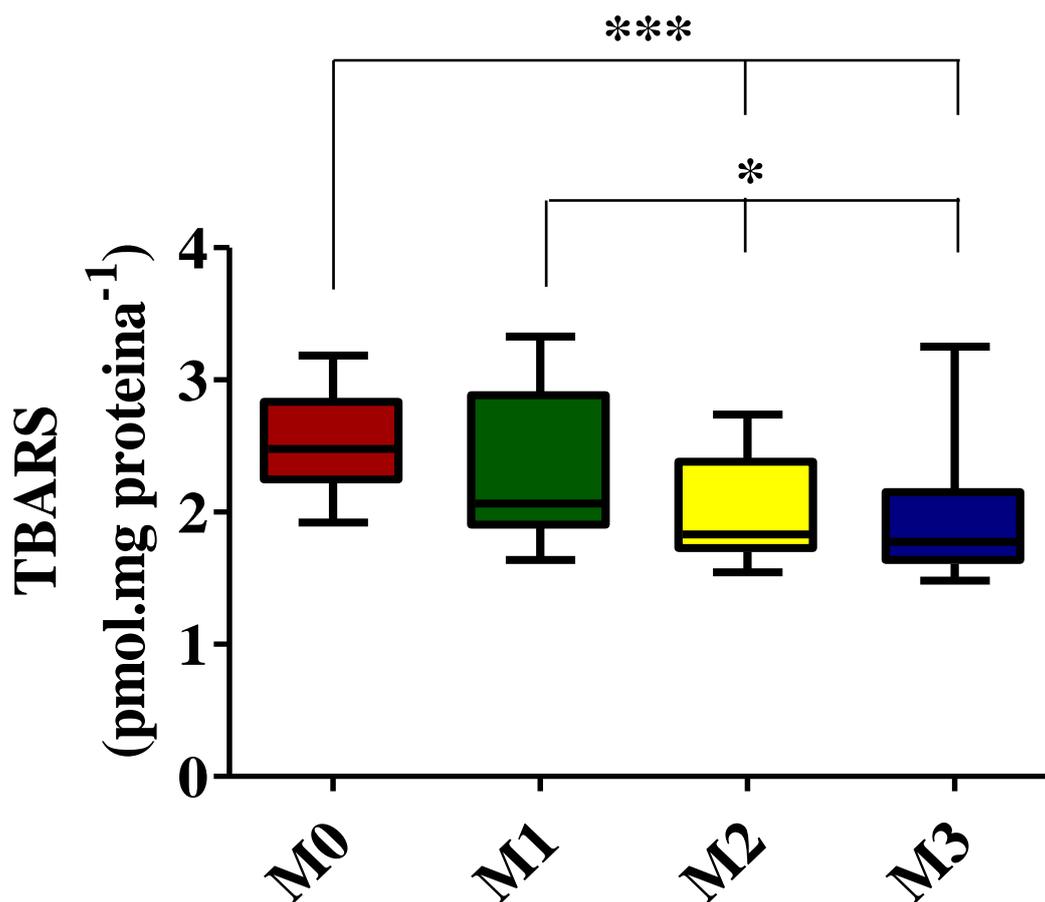
Tempo (meses)	Dano		defesa antioxidante	
	TBARS	PC	Ácido úrico	Frap
	M0	M0	M0	M0
6□8	2,49	1,40	4,06	4,15
8□10	2,53	1,45	3,65	4,9
10□12	2,50	1,33	4,25	5,21
P- Valor	p=0,91	p=0,83	p=0,79	p=0,63

**Fonte:** Dados da pesquisa. TBARS- Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; PC- Proteína carbonilada; FRAP- *Ferric reducing antioxidant Power* (capacidade antioxidante total) no momento zero (M0), correspondente à avaliação pré-reabilitação cardíaca.

### 8.3\_ Determinação dos Marcadores de Dano Oxidativo

#### 8.3.1\_ Lipoperoxidação Tecidual – Determinação de TBARS

A análise estatística mostrou diminuição significativa e progressiva nos níveis de TBARS após a reabilitação cardíaca em todos os tempos estudados: M0>>>M1 (64,0%; p<0,01); M0>>>M2 (67,5%; p=0,001) e M0>>>M3 (73,6%; p=0,001), demonstrado pelo emprego do ANOVA seguido pelo teste de Tukey (Gráfico 1).



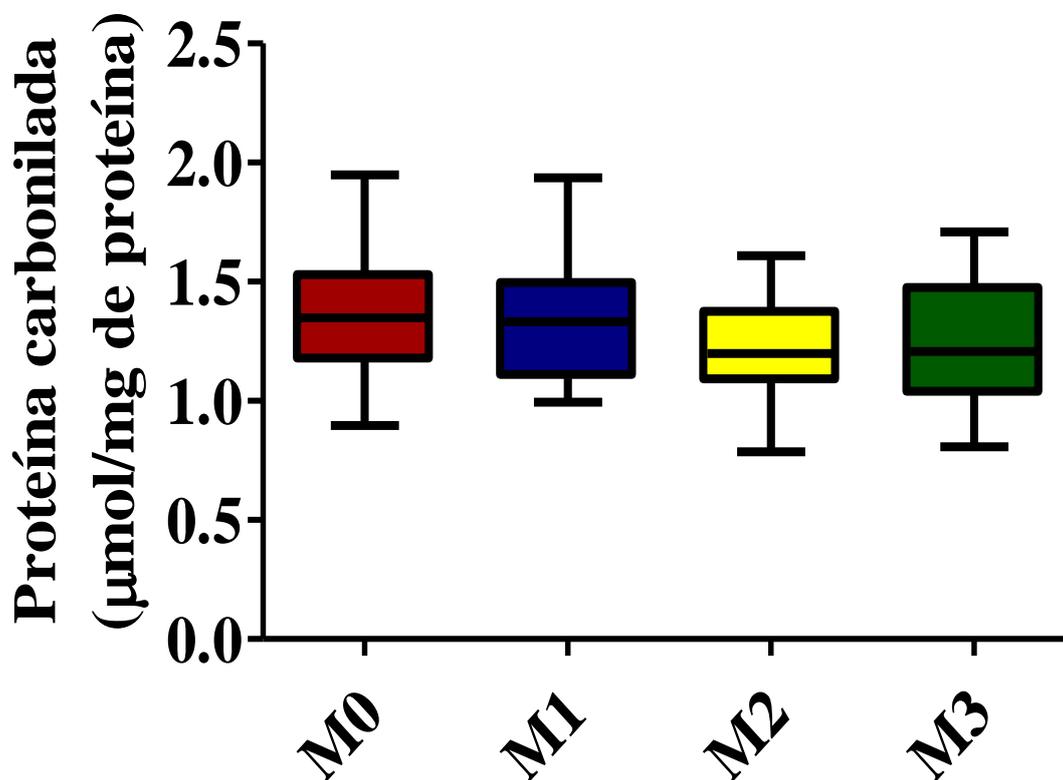
**Gráfico1.** Análise da peroxidação lipídica TBARS (Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico) ao longo da Reabilitação cardíaca, M0 (momento zero, correspondente à avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28). O teste para comparação dos 4 tempos foi análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey, a diferença estatística foi simbolizada por \* p<0,05, \*\*\* p<0,001.

### 8.3.2\_ Oxidação Protéica - Proteína Carbolinada (PC)

O teste ANOVA revelou que não houve diferença significativa nos níveis de PC após a reabilitação cardíaca em todos os tempos estudados, porém, mostra uma tendência de queda nos níveis de PC particularmente entre os tempos M1>>>M2/M3 (31,0%; p<0,07), à semelhança do encontrado na avaliação da lipoperoxidação. Também, nota-se uma diminuição da dispersão

entre a mediana e o limite superior da variável PC ao longo dos tempos pós-reabilitação (Gráfico 2).

### Proteína Carbonilada



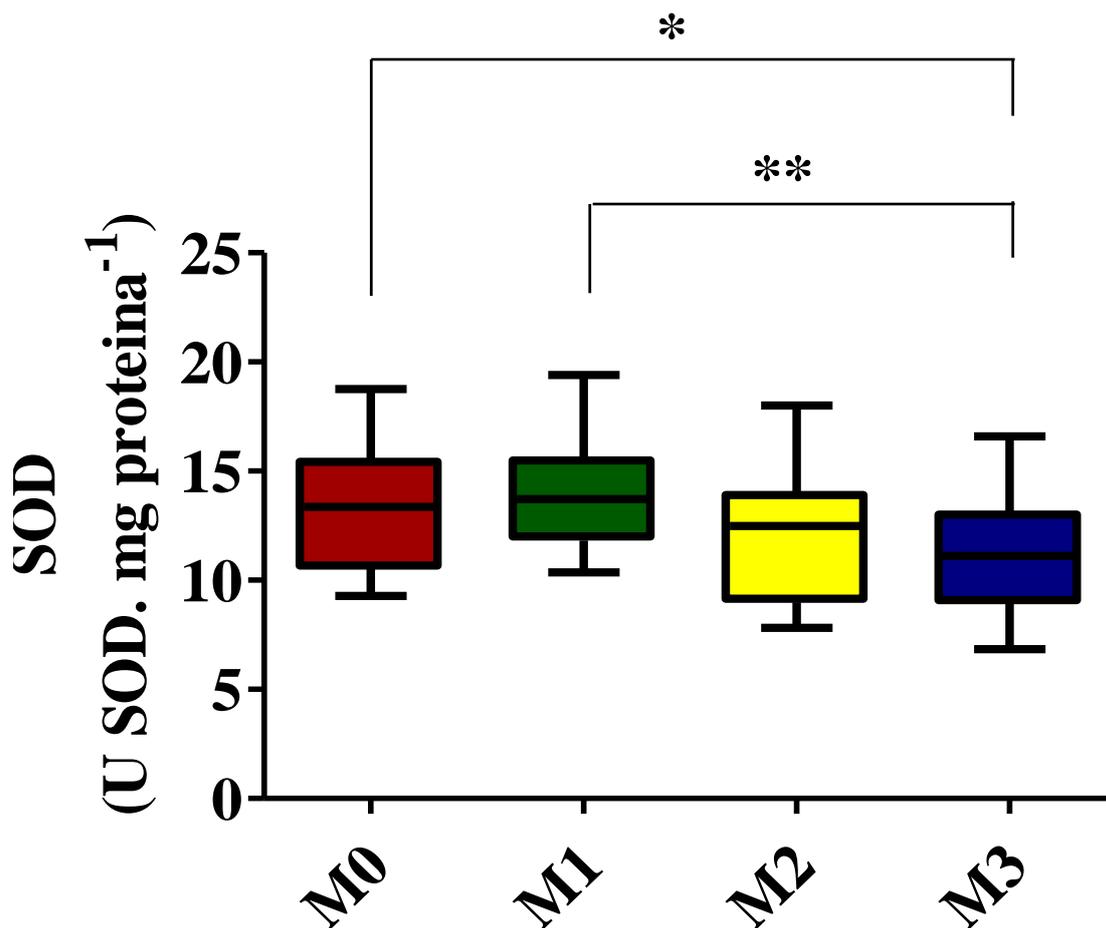
**Gráfico 2.** Análise da carbonilação de proteínas ao longo da Reabilitação cardíaca; M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28).

## 8.4\_Determinação das defesas antioxidantes

### 8.4.2\_Determinação da atividade dos antioxidantes enzimáticos

#### 8.4.2.1\_ Superóxido Dismutase (SOD)

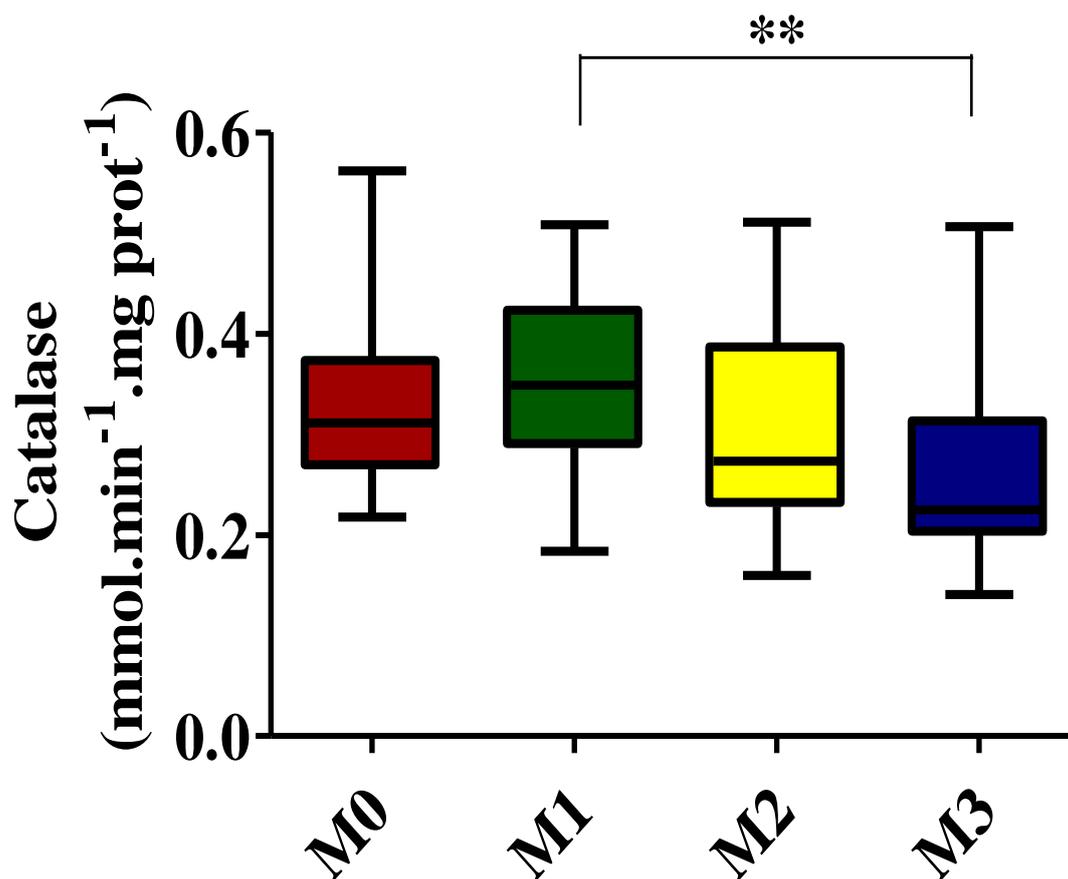
A análise estatística mostrou diminuição significativa na atividade da SOD após a reabilitação cardíaca partir do tempo M1: M0>>>M2 (24,0%; p<0,05); e M0>>>M3 (43,6%; p=0,01), demonstrado pelo teste ANOVA seguido pelo teste de Tukey (Gráfico 3).



**Gráfico 3.** Análise da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) ao longo da Reabilitação cardíaca; M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28). O teste para comparação dos 4 tempos foi análise de variância (ANOVA) seguido pelo teste de Tukey e a diferença estatística foi simbolizada por \* p<0,05, \*\* p<0,01).

#### 8.4.2.2\_ Catalase (CAT)

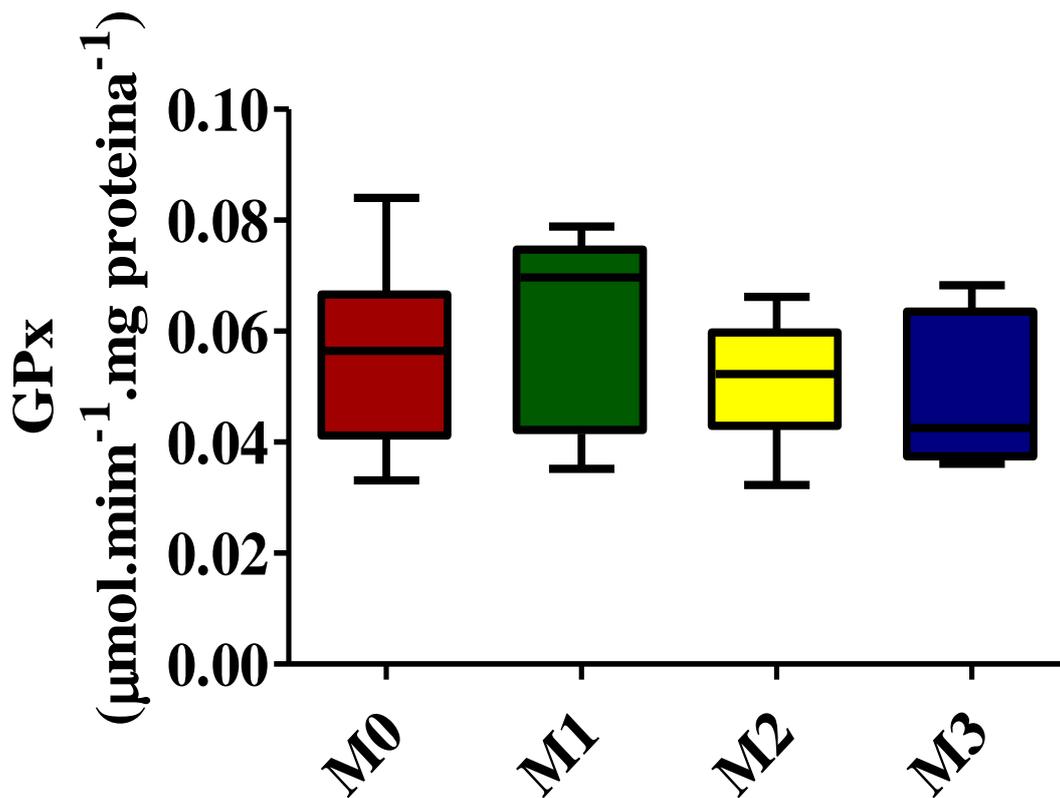
Da mesma forma, a CAT mostrou diminuição significativa dos níveis após a reabilitação cardíaca a partir do tempo M1: M0>>>M2 (27,0%; p<0,01); e M0>>>M3 (47,3%; p=0,01), demonstrado pelo teste de ANOVA seguido pelo teste de Tukey (Gráfico 4).



**Gráfico 4.** Análise da enzima Catalase ao longo da Reabilitação cardíaca; M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28). O teste para comparação dos 4 tempos foi análise de variância (ANOVA) seguido pelo teste de Tukey e a diferença estatística foi simbolizada por \* p<0,05, \*\* p<0,01.

#### 8.4.2.3\_ Glutathione Peroxidase (GPx)

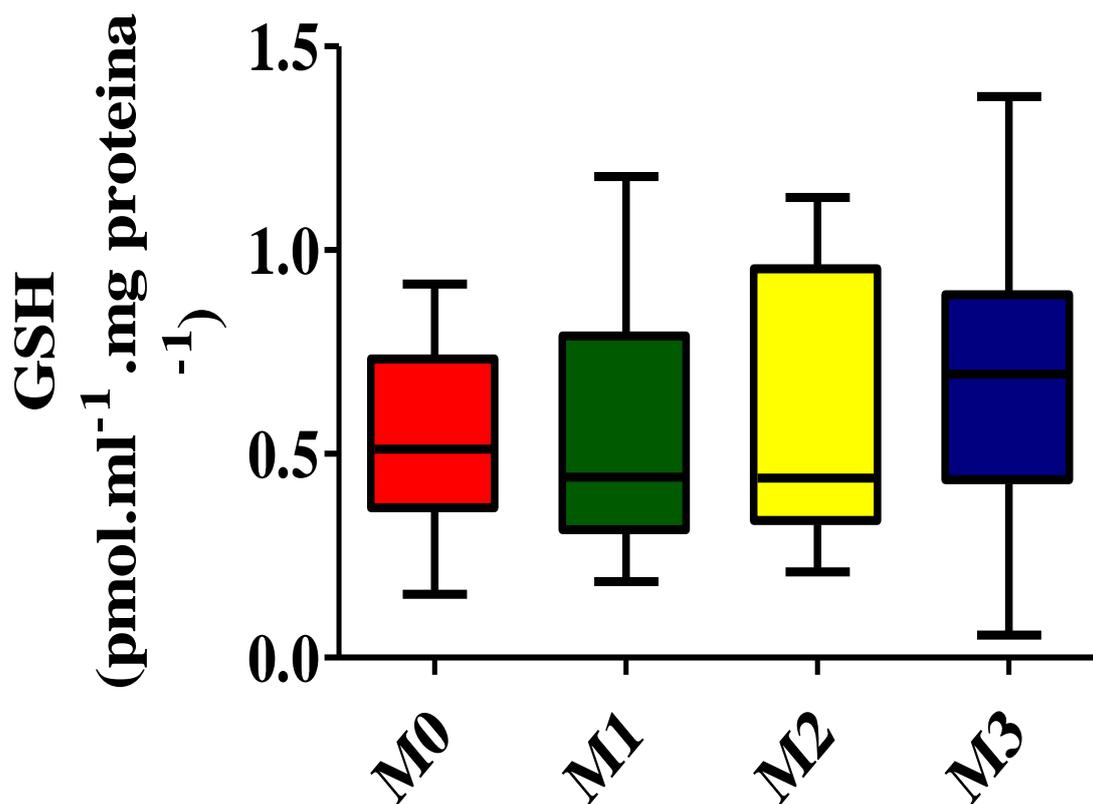
O emprego do ANOVA revelou que não houve diferença significativa na atividade da enzima GPx após a reabilitação cardíaca em todos os tempos estudados, porém, mostra uma atenuação dos níveis de GPx particularmente entre os tempos M0/M2 (27%; p<0,06), M0>>>M3 (41%; p<0,06), Gráfico 5.



**Gráfico 5.** Análise enzima Glutaciona Peroxidase (GPx) ao longo da Reabilitação cardíaca. GPx (Glutaciona Peroxidase); M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28).

#### **8.4.1\_ Antioxidante não enzimático (Glutaciona Reduzida- GSH)**

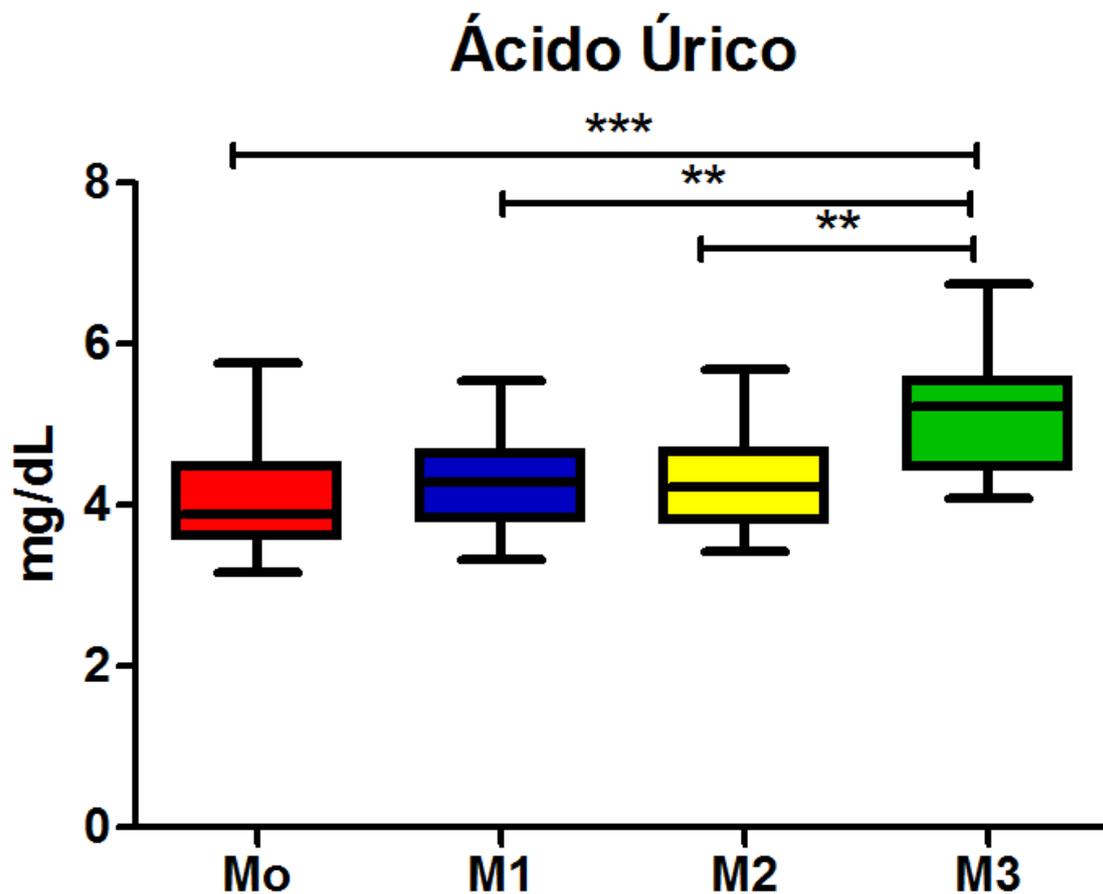
O emprego do ANOVA revelou que não houve diferença significativa nos níveis de GSH sanguíneos após a reabilitação cardíaca em todos os tempos estudados, porém, mostra uma tendência ao aumento dos níveis de GSH, particularmente entre os tempos M0/M1/M2>>>M3 (37%; p<0,06; Gráfico 6).



**Gráfico 6.** Análise do marcador antioxidante não enzimático, glutatona reduzida (GSH) ao longo da Reabilitação cardíaca: M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28).

#### 8.4.2- Ácido úrico

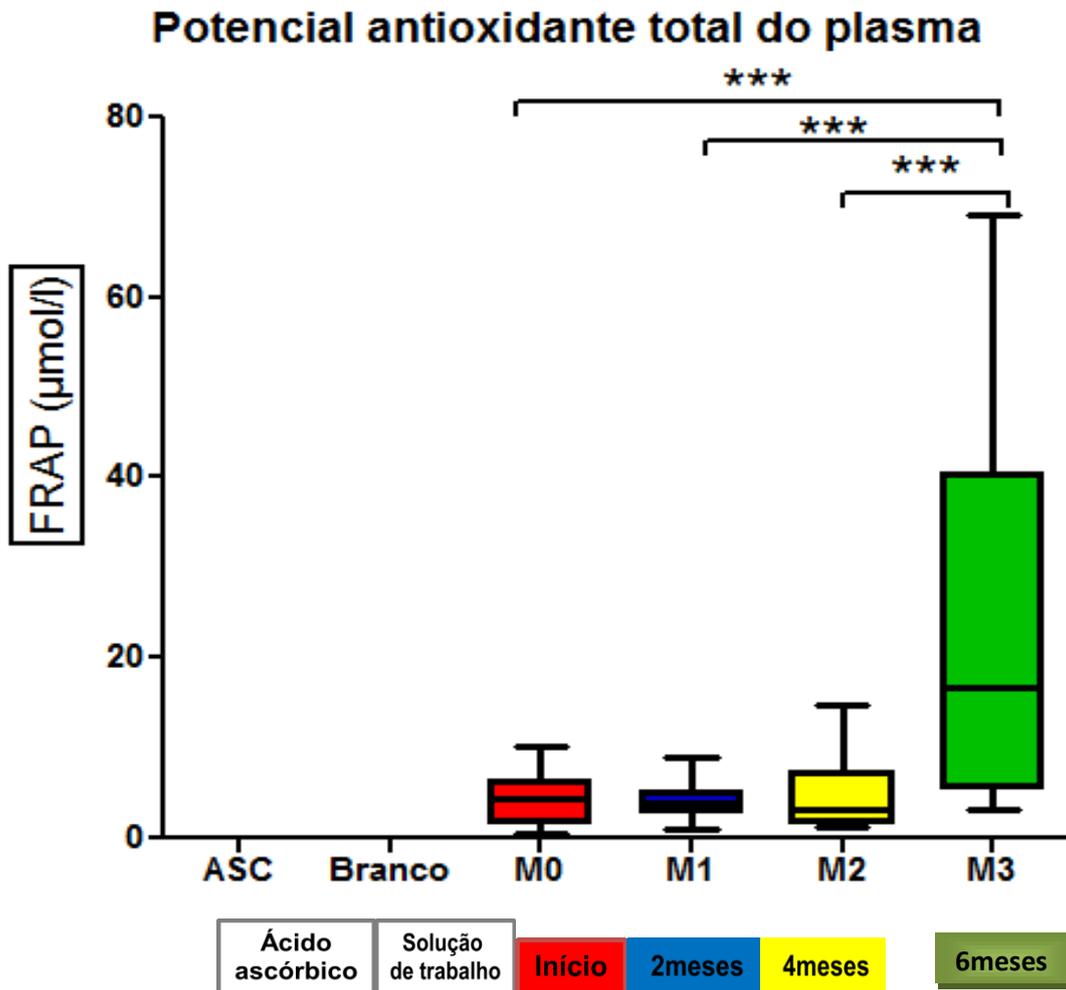
A análise estatística mostrou aumento progressivo e significativo nos níveis do ácido úrico após a reabilitação cardíaca em todos os tempos estudados: M0>>>M1 (53,2%; p<0,05); M0>>>M2 (54,1%; p<0,05) e M0>>>M3 (83,6%; p<0,01), demonstrado pelo emprego do ANOVA seguido pelo teste de Tukey (Gráfico 7).



**Gráfico 7.** Análise do comportamento do ácido úrico ao longo da Reabilitação cardíaca, com aumento gradual e significativo no final do estudo. M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n= 30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28).

#### **8.4.3\_ Potencial antioxidante total do plasma (FRAP)**

A reabilitação cardíaca promoveu um aumento significativo acentuado nos níveis de FRAP principalmente no tempo M3 em relação aos demais tempos precedentes: M0/M1/M2>>M3 (78,0%;  $p < 0,001$ ), demonstrado pelo teste ANOVA seguido pelo teste de Tukey. A diferença estatística foi simbolizada por  $***p < 0,001$  (Gráfico 8).



**Gráfico 8.** Análise da capacidade antioxidante total do plasma (Frap) ao longo da Reabilitação cardíaca. M0 (momento zero, correspondente a avaliação no início do estudo); M1 (avaliação aos 2 meses: n=35); M2 (avaliação aos 4 meses: n=30); M3 (avaliação final aos 6 meses: n=28).

## 9. DISCUSSÃO

---

No presente trabalho, a avaliação dos marcadores de estresse oxidativo, no qual ocorre um desequilíbrio entre oxidantes e antioxidantes, em favor dos primeiros, mostrou um perfil relativamente semelhante dos mesmos no período analisado, ou seja, queda dos marcadores de danos com aumento progressivo dos marcadores antioxidantes, senão for considerada a constatação de significância estatística, e se forem analisados separadamente os indicadores de dano (TBARS e PC) e as diferentes enzimas antioxidantes (SOD, CAT, GPx).

Outro dado digno de nota é que a maior parte dos estudos que avaliam a relação estresse oxidativo e exercício físico realiza as análises dos marcadores após estresse físico. Nesse trabalho as avaliações foram efetuadas previamente a qualquer esforço físico.

A amostra deste estudo foi constituída por pacientes com doença coronariana crônica, submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica (RVM) e encaminhados para o programa de reabilitação cardíaca após a alta hospitalar no período entre seis (6) meses e um (1) ano. A escolha deste período foi motivada pelo trabalho de Oliveira *et al* (2010), que ao avaliarem a letalidade após revascularização miocárdica de pacientes coronariopatas crônicos mostrou que a letalidade neste período se manteve, garantindo assim a homogeneidade da amostra estudada.<sup>65</sup>

Comparando a atividade dos marcadores do estresse oxidativo em diferentes tempos após revascularização miocárdica (pré- reabilitação cardíaca), constatou-se que a revascularização miocárdica não interferiu no resultado do presente estudo. Tal fato é corroborado pela literatura, pois é sabido que durante a cirurgia de revascularização miocárdica ocorre aumento da resposta inflamatória sistêmica e conseqüentemente, desequilíbrio na balança entre oxidantes e antioxidantes com o predomínio do primeiro, em virtude da isquemia e reperfusão e que, posteriormente, é controlado pela resposta do próprio organismo após reperfusão<sup>66</sup>, e coadjuvado pela ação de

drogas como betabloqueadores <sup>67</sup>, estatinas <sup>68</sup> e inibidores da enzima de conversão da angiotensina. <sup>69</sup>

Drogas como estatinas <sup>68</sup>, inibidores de enzima conversora de angiotensina <sup>69</sup> e beta bloqueadores <sup>67</sup> podem interferir positivamente no estresse oxidativo, entretanto, acreditamos que as mesmas não interferiram no resultado do presente estudo uma vez que os pacientes já faziam uso das mesmas no mínimo por 6 meses previamente a reabilitação cardíaca.

O indicador de dano oxidativo a lipídios (lipoperoxidação ou níveis de TBARS) que esteve elevado no momento inicial, previamente à reabilitação cardíaca, foi diminuindo progressivamente a partir de 2 meses (M1) até se estabilizar após 4 e 6 meses (M2 e M3, respectivamente), comparativamente ao momento inicial (M0>>>M3 (73,6%). De acordo com Packer (1997)<sup>70</sup>, durante e após o exercício aeróbico um aumento na geração de ERO (espécies reativas de oxigênio) deve ocorrer, e paralelamente, é esperado um aumento no dano lipídico corroborado no presente trabalho pelo aumento nos níveis de TBARS ou outros indicadores de dano oxidativo. Se o organismo estiver em condições fisiológicas normais (saúde, dieta, etc.) de compensar este aumento de ERO, notadamente considerando a continuidade da atividade física, haverá progressivamente também um aumento da capacidade antioxidante sistêmica. <sup>71,72,73</sup> Caso não haja esta resposta compensatória, sobrevém um estresse oxidativo sistêmico, o qual deverá ser compensado eventualmente por uma suplementação antioxidante, o que acontece, por exemplo, com a grande maioria de atletas profissionais de qualquer modalidade esportiva. <sup>72-78</sup> Pinho e cols. (2006) avaliando a peroxidação lipídica após 12 semanas de treinamento, observaram redução dos níveis de TBARS.<sup>79</sup> Resultado semelhante observado em nosso estudo após 8 semanas de treinamento físico em programa de reabilitação cardíaca, com maior evidência nos meses subsequentes, mostrando, uma clara atenuação do estresse oxidativo influenciada pela prática regular do exercício físico.

Aparentemente, no presente trabalho, os pacientes teriam recuperado progressivamente boa parte da capacidade antioxidante com a prática de exercícios moderados no programa de reabilitação cardíaca. Alguns

parâmetros indicam esta recuperação após 2 meses, como o caso da diminuição da lipoperoxidação (níveis de TBARS, provavelmente também da oxidação protéica, caso o número de pacientes fosse aumentado e/ou a dispersão dos dados fosse menor) e através da tendência de aumento das atividades das três enzimas antioxidantes examinadas. Outros resultados ficaram mais aparentes após períodos maiores (6 meses), como as próprias enzimas, através da diminuição das atividades, acompanhando a diminuição dos marcadores de dano, a tendência de recuperação dos níveis de GSH no sangue total, e da própria capacidade antioxidante avaliada através dos métodos FRAP e ácido úrico, que mostraram um aumento significativo acentuado no final do período avaliado (M3).

O outro indicador de dano analisado, a carbonilação protéica (níveis de PC), mostrou um perfil semelhante e coerente ao da lipoperoxidação, apesar de não revelar diferença significativa, provavelmente também relacionada com a dispersão (variância) encontrada neste parâmetro. Levine (1990), baseado na análise dos níveis de Proteína Carbonilada (PC), estabeleceu que o aumento de seus níveis está associado com o aumento do estresse oxidativo.<sup>54</sup> Algo semelhante verificado em nosso estudo na avaliação inicial, antes de submeter os pacientes ao programa de treinamento. Pinho *et al.* avaliando o efeito do exercício físico regular sobre o estresse oxidativo após 12 semanas de treinamento, observaram redução na carbonilação das proteínas.<sup>79,80</sup> Fato observado em nosso estudo após os pacientes terem sido submetidos à reabilitação cardíaca. Entretanto, apesar dessa redução da proteína carbonilada ter sido discreta é possível afirmar que o exercício físico regular pode prevenir dano em proteínas.

Os níveis de GSH no sangue total mostraram ligeira diminuição nos momentos M1 e M2, comparativamente ao momento inicial, para exibir tendência de aumento após 6 meses de reabilitação (M3). Mesmo considerando a ausência de significância nestes resultados, é possível inferir que a reabilitação poderia promover uma relativa e leve depleção deste antioxidante endógeno não-enzimático, revelando seu provável consumo em momento anterior à melhor recuperação da capacidade antioxidante sistêmica

dos pacientes <sup>71</sup>, a qual ocorreria no momento final (M3) do seu monitoramento. É interessante ressaltar que a GSH é essencial à função da GPx <sup>81</sup>, e que a atividade desta enzima não mostrou diferenças significativas nos momentos analisados, mesmo que a GSH tenha exibido uma tendência de diminuição de seus níveis após 2 e 4 meses de exercício em reabilitação cardíaca.

Coerente com esta tendência de perfil exibido pelos níveis de GSH, uma resposta semelhante foi exibida também em M3 pela análise da capacidade antioxidante total do plasma (FRAP) e do ácido úrico ao longo da reabilitação cardíaca, corroborando o resultado da GSH. Neste particular, é importante salientar que o FRAP e o ácido úrico justamente avaliam esta capacidade antioxidante restrita aos antioxidantes endógenos não-enzimáticos, no qual se inclui a GSH, além de diversos outros antioxidantes exógenos ou nutricionais, como as vitaminas antioxidantes C, E e A, além de polifenóis, alguns hormônios, entre outros. <sup>78,81</sup> Considerando que a análise do FRAP vem acompanhada de restrições quanto aos antioxidantes lipofílicos como a vitamina E e licopeno, além da própria restrição da avaliação da GSH <sup>81</sup>, e que esta análise é muito sensível de aspectos dietários <sup>82</sup>, seu uso permite avaliar componentes antioxidantes nutricionais importantes <sup>78,81</sup>

As três enzimas antioxidantes, consideradas como a tríade principal na detoxificação das ERO em todos os organismos que utilizam o oxigênio como oxidante <sup>81</sup> e que foram analisadas neste trabalho, também exibiram um perfil semelhante e coerente com o desenvolvimento da reabilitação cardíaca promovida nos pacientes. Ou seja, comparativamente ao momento inicial (M0), tanto a SOD, CAT e GPx revelaram pequeno aumento após 2 meses (M1) de realização de exercícios, para começarem a declinar a partir de 4 meses (M2) e mostrar valores menores após 6 meses (M3).

Em outras palavras, indicariam, mesmo sem revelar significância em todos os momentos examinados, comparativamente ao momento inicial, que a reabilitação cardíaca estaria promovendo um progressivo restabelecimento da capacidade antioxidante sistêmica. Como resultado desta melhora antioxidante

sistêmica avaliada no sangue dos pacientes, ela estaria refletindo a melhora da capacidade individual dos diferentes órgãos e tecidos.<sup>81</sup>

Esta reabilitação cardíaca, traduzida como aumento do desempenho cardíaco em termos de melhor nutrir os tecidos e órgãos com os distintos antioxidantes, tanto exógenos ou nutricionais como os endógenos, permitiria, após um primeiro momento (M1, e, às vezes, M2, considerando GSH e TBARS), no qual houve aumento pela indução enzimática das três enzimas antioxidantes examinadas, bem como do recuo dos marcadores de dano tecidual (TBARS e PC), paralelamente à depleção de GSH, e manutenção dos níveis de FRAP e ácido úrico inalterados, uma gradativa melhora dos antioxidantes sanguíneos nestes pacientes.

Desta forma e consecutivamente, após seis meses de monitoramento da reabilitação cardíaca, foi possível constatar uma provável estabilização da indução enzimática, em níveis inferiores aos iniciais, provavelmente decorrente da diminuição dos marcadores de dano oxidativo e associada à recuperação da capacidade antioxidante não enzimática (níveis de GSH, ácido úrico e FRAP), indicando uma melhora do quadro de estresse oxidativo sistêmico destes pacientes. Ou seja, o aumento desta capacidade antioxidante não-enzimática via aumento nos níveis de GSH, ácido úrico e FRAP após seis meses de exercícios em reabilitação cardíaca, teria promovido um recuo gradual da indução de enzimas antioxidantes, à semelhança do que se constata após o uso de suplementação antioxidante em período de meses de intervenção.<sup>83</sup>

Da mesma forma a Glutathione reduzida é responsável por proteger as células contra os radicais livres, peróxidos e outros compostos tóxicos.<sup>84</sup> Ela pode reagir diretamente com os radicais livres sem necessidade de intervenção enzimática ou por intermédio da glutathione peroxidase, enzima chave do ciclo redox da glutathione. Quando o estresse oxidativo ocorre, a GSH é oxidado a GSSG através da reação catalisada pela glutathione peroxidase. A GSSG formada é imediatamente reduzida a GSH por intermédio da glutathione reductase (GR).<sup>84,85</sup> Entretanto, o conteúdo de GSH aumenta com o treinamento físico, devido ao aumento na capacidade de captação de GSH pela

fibra muscular, <sup>86-88</sup> o que de certa forma corrobora com os resultados observados em nosso estudo após os pacientes serem submetidos ao programa de reabilitação cardíaca.

Ozbay e Dulger <sup>89</sup>, avaliando o comportamento da superóxido dismutase em indivíduos treinados, com uma frequência regular de exercícios com duração de 20 minutos por dia, durante 5 semanas, registraram um discreto aumento da superóxido dismutase. Resultado semelhante ao observado em nosso estudo após 2 meses de treinamento.

O exercício físico regular pode melhorar a capacidade antioxidante total por modular a síntese de antioxidantes enzimáticos (SOD, CAT, GPx) e não enzimáticos, podendo reduzir a peroxidação lipídica e, conseqüentemente o estresse oxidativo <sup>90,91</sup>. Fato que pode ser corroborado com os resultados observados em nosso estudo, pois, após um período de exercício físico regular foi constatado uma melhora significativa de seus níveis. Resultado também compartilhado por outros autores, no qual destacam a influência positiva do exercício físico regular sobre a atividade antioxidante, tendo sido demonstrado que após sessões consecutivas de exercício, ocorre redução progressiva do estresse oxidativo, enquanto que a capacidade antioxidante melhora. <sup>92</sup>

Várias publicações sobre diferentes tipos de atividades esportivas e exercícios aeróbicos reportam a ocorrência de aumento da geração de ERO e ocorrência de estresse oxidativo. <sup>70,71</sup> Considerando que o exercício executado pelos pacientes aumenta sua capacidade aeróbica, necessariamente vem também acompanhado de aumento da geração de ERO, particularmente no miocárdio e musculatura esquelética. <sup>71,73,76</sup> Este aumento de produção de ERO igualmente de forma paralela deve ser acompanhado de aumento das defesas antioxidantes correspondentes <sup>70,71</sup>, no sentido de evitar o estresse oxidativo e suas conseqüências agudas e crônicas, notadamente em termos de danos moleculares e teciduais, além de afetar a imunidade e desencadear processos inflamatórios. <sup>74,76,77,81</sup>

Finalmente, o presente estudo é constituído de pacientes de alto risco para eventos cardiovasculares (idade >60 anos, predomínio de sexo masculino, fração de ejeção ventricular esquerda <50%, porcentagem maior de

comorbidades, revascularização miocárdica) <sup>64</sup> em que evidências na literatura mostram que a adição do exercício físico regular à terapêutica intervencionista é importante na curva de sobrevivência dos mesmos. <sup>18,93,94</sup> O presente estudo colabora numa possível explicação mecanicista da afirmação acima mostrando que a reabilitação cardíaca auxilia na atenuação do estresse oxidativo.

## **10. LIMITAÇÕES**

Durante o programa de reabilitação a intensidade de exercício foi mudando de acordo com a sensação subjetiva de cansaço (Escala de Borg). Acreditamos que esta variação de intensidade do exercício não deve ter interferido nos resultados uma vez que as avaliações dos marcadores de danos, assim como, os da defesa antioxidante mostraram um perfil relativamente semelhante independente dos momentos analisados.

Acreditamos que a perda de pacientes ao longo do estudo não deve ter influenciado nos resultados, uma vez que a maioria das variáveis medidas mostrou um perfil relativamente semelhante, independente dos momentos analisados.

A ausência do grupo controle é justificada pelo fato do paciente ser seu próprio controle ao longo do estudo. E também, pelo fato de algumas variáveis medidas apresentarem alterações somente no momento final do estudo (vide FRAP, GSH e ácido úrico).

## 11. CONCLUSÃO

---

Os resultados apresentados neste estudo podem permitir-nos concluir que, o exercício físico regular através de um programa de reabilitação cardíaca pode atenuar o estresse oxidativo em pacientes coronariopatas crônicos revascularizados e, conseqüentemente, prevenir danos oxidativos. Pois, foi possível observar atenuação dos marcadores de dano lipídico (lipoperoxidação), dano protéico (proteína carbonilada) e melhora da atividade das enzimas antioxidantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mateo GF *et al.* Antioxidant enzyme activity and coronary heart disease: meta-analyses of observational studies. *American journal of epidemiology*. 2009;170:135–147.
2. Stocker R, Keaney JF Jr. Role of oxidative modifications in atherosclerosis. *Physiol Rev*. 2004;84(4):1381–1478.
3. Stocker R, Keaney JF Jr. New insights on oxidative stress in the artery wall. *J Thromb Haemost*. 2005;3(8):1825–1834.
4. Witztum JL. The oxidation hypothesis of atherosclerosis. *Lancet*. 1994;344(8925):793–795.
5. Schneider CD, De Oliveira AR. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao exercício físico. *Rev Bras Med Esporte- Vol 10, nº4, Julho/Agosto 2004, págs 309 e 310.*
6. Deresz, LF *et al.* O estresse oxidativo e o exercício físico em indivíduos HIV positivo. *Ver Bras Med Esporte- Vol 13, nº4, Julho/Agosto 2007, pág 276.*
7. Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical exercise and health? *Am J Clin Nutr* 2000;72 (suppl):637S–646S
8. Atalay, M. and Laaksonen, D.E. (2002) Diabetes, oxidative stress and physical exercise. *Journal of Sports Science and Medicine* 1, 1-14
9. Powers SK, Ji LL, Leeuwenburgh C. Exercise training-induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(7):987-97. Review.
10. Jenkins RR. Free Radical Chemistry, Relationship to Exercise..*Sports Med* 1988;5(3):156-70.
11. Sjödin B, Hellsten Westing Y, Apple FS. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. *Sports Med* 1990 Oct;10(4):236-54.

12. Petibois C, Deleris G. Evidence that erythrocytes are highly susceptible to exercise oxidative stress: FT-IR spectrometric studies at the molecular level. *Cell Biol Int.* 2005;29(8):709-16.
13. Senturk UK, Gunduz F, Kuru O, Kocer G, Ozkaya YG, Yesilkaya A, et al. Exercise-induced oxidative stress leads hemolysis in sedentary but not trained humans. *J Appl Physiol.* 2005;99(4):1434-41.)
14. Michailidis Y, Jamurtas AZ, Nikolaidis MG, Fatouros IG, Koutedakis Y, Papassotiriou I, Kouretas D. Sampling time is crucial for measurement of aerobic exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc* 2007 Jul;39(7):1107-13.
15. Vinã J, Gomez-Cabrera MC, Lloret A, Marquez R, Minana JB, Pallardo FV, et al. Free radicals in exhaustive physical exercise: mechanism of production, and protection by antioxidants. *IUBMB Life.* 2000;50(4-5):271-7. Review.)
16. Muela HCS, Bassan R, Serra SM. Avaliação dos benefícios funcionais de um programa de reabilitação cardíaca. *Rev Bras Cardiol- Vol 24, nº4, 2011, págs241- 250.*
17. Carvalho T *et al.* Diretriz brasileira de reabilitação cardiopulmonar e metabólica: Aspectos práticos e responsabilidades. *Arquivos brasileiros de cardiologia.* Vol 86, nº1, Jan 2006.
18. Godoy M. I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* Vol 69, nº 4, Out 1997.
19. Sies H. Biochemistry of Oxidative Stress. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 25 (1986) 1058-1071.
20. [https://www.google.com.br/search?q=estresse+oxidativo&biw=1252&bih=581&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMI8\\_XyvvmgyAIVyo6QCh0\\_QAoP#tbn=isch&q=estresse+oxidativo+balan%C3%A7a&imgsrc=XwfZvwab8dFw8M%3A](https://www.google.com.br/search?q=estresse+oxidativo&biw=1252&bih=581&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMI8_XyvvmgyAIVyo6QCh0_QAoP#tbn=isch&q=estresse+oxidativo+balan%C3%A7a&imgsrc=XwfZvwab8dFw8M%3A), Google, acessado em 01/10/2015.

21. Augusto, Ohara. Radicais livres: bons, maus e naturais. Oficina de textos, pró-reitoria de pesquisa- USP, 2006, págs 26 e 27.
22. Barreiros ALBS, David JM. Estresse oxidativo: Relação entre geração de espécies reativas e defesas do organismo. Quim. Nova, Vol 29, Nº1, 113-123, 2006.
23. Gutteridge JMC. Lipid Peroxidation and Antioxidants as Biomarkers of Tissue Damage. Clin. Chem. 41/12, 1819-1828; 1995.
24. HALLIWELL, B. Free radicals, reactive oxygen species and human disease: a critical evaluation with special reference to atherosclerosis. Br J Exp Pathol, v. 70, n. 6, p. 737-757, 1989.
25. VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; CRONIN, M.T.; MAZUR, M.; TELSER, J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Int J Biochem Cell Biol, v. 39, n. 1, p. 44-84, 2007.
26. Olszewer E, Flam S, Ellovich S. Radicais livres em cardiologia: Isquemia e reperfusão. Tecnopress, 1997, págs. 11-100.
27. Halliwell B. Free Radicals and other reactive species in Disease. Encyclopedia of life sciences, 2001. Págs. 1-7.
28. [https://www.google.com.br/search?q=radical+livre&biw=1252&bih=581&source=Inms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMlvfeu2pyfyAlVg0yQCh1AzAy1&dpr=1.09#imgrc=DfWapYC8S-ZdCM%3A](https://www.google.com.br/search?q=radical+livre&biw=1252&bih=581&source=Inms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMlvfeu2pyfyAlVg0yQCh1AzAy1&dpr=1.09#imgrc=DfWapYC8S-ZdCM%3A)), Google, acessado em 30/09/2015, 14h00.
29. Ferreira ALA, Matsubara LS. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. Rev Ass Med Brasil 1997; 43(1): 61-8.
30. [https://www.google.com.br/search?q=radical+livre&biw=1252&bih=581&source=Inms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ\\_AUoAWoVChMlvfeu2pyfyAlVg0yQCh1AzAy1&dpr=1.09#tbm=isch&q=cadeia+transportadora+de+el%C3%A9trons&imgdii=POgGFPWJ\\_7oxzM%3A%3BPOgGFPWJ](https://www.google.com.br/search?q=radical+livre&biw=1252&bih=581&source=Inms&tbm=isch&sa=X&sqj=2&ved=0CAYQ_AUoAWoVChMlvfeu2pyfyAlVg0yQCh1AzAy1&dpr=1.09#tbm=isch&q=cadeia+transportadora+de+el%C3%A9trons&imgdii=POgGFPWJ_7oxzM%3A%3BPOgGFPWJ)

[7oxzM%3A%3BArdjM3TEgjWWdM%3A&imgrc=POgGFPWJ\\_7oxzM%3A](#), Google, acessado em 30/09/2015, 14h45.

31. Barbosa KBF et. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Rev. Nutr.*, Campinas, 23(4):629-643, jul./ago., 2010.
32. Halliwell B. Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 2007; Volume 35, págs. 1147-1150.
33. CADENAS, E. Basic mechanisms of antioxidant activity. *Biofactors*. v.6, p. 391–397, 1997.
34. Júnior LR, Höehr NF, Vellasco AP. Sistema antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutathione associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. *Quim. Nova*, Vol. 24, No. 1, 112-119, 2001.
35. WEN, J.J.; GARG, N. Oxidative Modification of Mitochondrial Respiratory Complexes in Response to the Stress of Trypanosoma Cruzi Infection. *Free Radical Biology and Medicine*.v. 37, p. 2072–2081, 2004.
36. HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. *Free Radicals in Biology and Medicine*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, 2001.
37. Koury JC, Donangelo CM. Zinco, estresse oxidativo e atividade física. *Rev. Nutr.*, Campinas, 16(4):433-441, out./dez., 2003.
38. Niess AM, Hartmann A, Grunert-Fuchs M, Poch B, Speit G. DNA damage after exhaustive treadmill running in trained and untrained men. *Int. Sports Med.* 17 (1996) 397-403.
39. Cooper CE, Vollaard NBJ, Choueiri T, Wilson MT. Exercise, free radicals and oxidative stress. *Biochemical Society Transactions* (2002) Volume 30, 280-285.
40. Linke Axel et al. Antioxidative Effects of Exercise Training in Patients With Chronic Heart Failure: Increase in Radical Scavenger Enzyme Activity in Skeletal Muscle. *Circulation*, April 12, 2005. 1763-1770.
41. Miyazaki Hiromi et al. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *Eur J Appl Physiol* (2001); 84; 1-6.

42. Margaritis I, Tessier F, Richard MJ, Marconnet P. No evidence of oxidative stress after a triathlon race in highly trained competitors. *Int J Sports Med.* 1997 Apr;18(3):186-90.
43. Pinho RA, De Araújo MC, Ghisi GLM, Benetti M. Doença arterial coronariana, exercício físico e estresse oxidativo. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2010; 94 (4);549-555.
44. Silva DC, Cerchiaro C, Honório KM. Relações patofisiológicas entre estresse oxidativo e arteriosclerose. *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 2, 300-305, 2011.
45. Singal PK, Khaper N, Palace V, Kumar D. The role of oxidative stress in the genesis of heart disease. *Cardiovascular Research* 40 (1998) 426 – 432.
46. Nuttall SL, Kendall MJ and Martin U. Antioxidant therapy for the prevention of cardiovascular disease. *Q J Med* 1999; 92, 239-244.
47. Droge W. Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function. *Physiol Rev*, Vol 82; January, 2002; págs. 48-80.
48. Carnethon MR *et al.* Cardiorespiratory Fitness in Young Adulthood and the Development of Cardiovascular Disease Risk Factors. *JAMA*. 2003;290(23):3092-3100.
49. Duperly J, Lobelo F. Estilo de vida saludable: un reto que vale la pena. *Revista Colombiana de Cardiologia* 2004; 11(3): 139-40.
50. Leon AS. Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention of Coronary Heart Disease: An American Heart Association Scientific Statement. *Circulation* January 25, 2005;369-373.
51. Calderón JC, Fernandez AZ, De Jesús AIM. Ateroesclerosis, estrés oxidativo y actividad física. *Invest Clin* 49(3): 397 - 410, 2008.
52. Petry ÉR *et al.* Exercício físico e estresse oxidativo: mecanismos e efeitos. *Ver Bras Ci e Mov-* Vol 18, nº4, 2010, págs 91-96.
53. Bird RP, Draper AH. Comparative studies on different methods of malondyaldehyde determination. *Methods in Enzymology-* Vol 20, 1984, págs 105-110.

54. Levine RL *et al.* Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*- Vol 186, 1990, págs 464-478.
55. Misra HP, Fridovich. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *The Journal of Biological Chemistry*- Vol 247, nº 10, 1972, págs 188-192.
56. Boveris A, Fraga CG, Varsavsky AI, Koch OR. Increased chemiluminescence and superoxide production in the liver of chronically ethanol-treated rats. *Archives of Biochemistry and Biophysics*- Vol 227, nº 2, 1983, págs 534-541.
57. Aebi H. Catalase *in vitro*. *Methods in Enzymology*- Vol 204, 1984, págs 234-254.
58. Flohé L, Gunzler WA. Assays of glutathione peroxidase. *Methods in Enzymology*- Vol 105, 1984, págs 114-121.
59. Calberg I, Mannervik B. Glutathione reductase from rat liver. *Methods in Enzymology*- Vol 113, 1985, págs 484-490.
60. Beutler E, Duron O, Kelly BM. Improved method for the determination of blood glutathione. *The Journal of Laboratory Clinical Medicine*- Vol 61, 1963, págs 882-890.
61. Barham D, Trinder P. An improved colour reagent for the determination of blood glucose by the oxidase system. *Analyst*- Vol 97, 1972, págs 142-145.
62. Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power":the FRAP assay. *Anal. Biochem*- Vol 239, nº 1, 1996, págs 70-76.
63. Benzie IFF, Strain JJ. Ferric reducing/antioxidant Power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology*- Vol 299, 1999, págs 15-27.

64. Cesar LA, Ferreira JF, Armaganijan D, Gowdak LH, Mansur AP, Bodanese LC, et al. Diretriz de Doença Coronária Estável. *Arq Bras Cardiol* 2014; 103 (2 Supl.2): 1-59.
65. Oliveira TML, Oliveira GMM, Klein CH, Silva NAS, Paulo Henrique Godoy. Letalidade e complicações da cirurgia de revascularização miocárdica no Rio de Janeiro, de 1999 a 2003. *Arq Bras Cardiol* 2010; 95(3): 303-312.
66. Melek FE, Baroncini LAV, Repka JCD, Nascimento CS, Précoma DB. Oxidative stress and inflammatory response increase during coronary artery bypass grafting with extracorporeal circulation. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2012; 27 (1):61-5.
67. Budni P *et al.* Carvedilol Atenua o Estresse Oxidativo na Cardiopatia Chagásica Crônica. *Arq Bras Cardiol* 2012; 98(3):218-224.
68. Costa S, Couto MR, Teixeira AA, Sousa T. Estatinas e stresse oxidativo na insuficiência cardíaca crônica. *Revista Portuguesa de Cardiologia*. 2016; 35 (1): 41-57.
69. Elias JAZ, Delfino VDA, Barbosa DS, Fabris BA, Matsuo T. Efeito do Ramipril e da Sinvastatina sobre o Estresse Oxidativo de Ratos Diabéticos. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2008; 52/7.
70. Packer L. Oxidants, antioxidant nutrients and the athlete. *J Sports Sci* 15(3):353-363, 1997.
71. Ji LL. Antioxidant enzyme response to exercise and aging. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(2): 225-231, 1993.
72. Sen C.K. et al. Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise . Chandan K. Sen, Lester Packer and Osmo O.P. Hänninen (Eds.). Clarendon Press; Oxford, 2000.
73. Djordjevic DZ, Cubrilo DG, Puzovic VS, Vuletic MS, Zivkovic VI, Barudzic NS, Radovanovic DS, Djuric DM, and Jakovljevic VLj. Changes in athlete's redox state induced by habitual and unaccustomed exercise. *Oxid Med Cell Longev* 2012:1-7, 2012.
74. Sen CK. Oxidants and antioxidants in exercise. *J Appl Physiol* 79(3): 675-686, 1995.

75. Schwingel A, Wilhelm Filho D, Torres MA, and Petroski EL. Exercise session promotes antioxidant changes in Brazilian soccer players. *Biol Sport* 23(3): 255-265, 2006.
76. Liberali P., Snijder B., Pelkmans L. Single-cell and multivariate approaches in genetic perturbation screens. *Nat. Rev. Genet.* 2015; 16 18–32. 10.1038/nrg 3768.
77. Souglis A, Bogdanis GC, Giannopoulou I, Papadopoulos CH, and Apostolidis N. Comparison of inflammatory responses and muscle damage indices following a soccer, basketball, volleyball and handball game at an elite competitive level. *Research in Sports Medicine* 23(1): 59-72, 2015.
78. Mankowski RT, Anton SD, Buford TW, and Leeuwenburgh C. Dietary antioxidants as modifiers of physiologic adaptations to exercise. *Med Sci Sports Exerc* 20, 2015.
79. Pinho RA *et al.* Exercício físico regular diminui o estresse oxidativo pulmonar em ratos após exposição aguda ao carvão mineral. *Rev Bras Med Esporte*, Vol. 12, Nº 2 – Mar/Abr, 2006.
80. Pinho RA *et al.* Efeitos preventivos e terapêuticos do exercício físico sobre lesão pulmonar e estresse oxidativo induzido por bleomicina. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009, 11(4):415-421.
81. Halliwell B, and Gutteridge JMC. *Free Radicals in Biology and Medicine*, 4<sup>th</sup> ed, Clarendon Press, Oxford, 2007.
82. Kavoures S.A., Demosthenes B. Panagiotakos, Christos Pitsavos, Christina Chrysohoou, Giannis Arnaoutis, Yannis Skoumas, and Christodoulos Stefanadis Physical Activity and Adherence to Mediterranean Diet Increase Total Antioxidant Capacity: The ATTICA Study. (2011): *Cardiology Research and Practice*, Vol 2011: 1-7.
83. Zoppi CC, Hohl R, Silva FC, Lazarim FL, Neto J MA, Stancanneli M, and Macedo DV. Vitamin C and E supplementation effects in professional soccer players under regular training. *J Int Soc Sports Nutr* 3(2): 37-44, 2006.

84. Abraham, Reznick Z and PACKER L. Carbonyl Assays for determination of oxidatively modified proteins. *Methods in Enzymology*, 233:357; 1994.
85. Cardoso AM *et al.* Acute effects of resistance exercise and intermittent intense aerobic exercise on blood cell count and oxidative stress in trained middle-aged women. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* (2012) 45: 1172-1182.
86. Sastre J, Asensi M, Gascó E, Pallardó FV, Ferrero JA, Furukawa T, Viña J. Exhaustive physical exercise causes oxidation of glutathione status in blood: Prevention by antioxidant administration. *Am J Physiol* 1992;32: R992-R995.
87. Leeuwenburgh C, Ji LL. Alteration of glutathione and antioxidant status with exercise in unfed and refed rats. *J Nutr* 1996;126: 1833-43.
88. Leeuwenburgh C, Ji LL. Glutathione and glutathione ethyl ester supplementation of mice alter glutathione homeostasis during exercise. *J Nutr* 1998;128: 2420-6.
89. Ozbay B e Dulger H. Lipid peroxidation and antioxidant enzymes in Turkish population: Relation to age, gender, exercise and smoking. *Tohoku J. Exp. Med.* 2002; 197, 119-124.
90. Dékány M *et al.* Antioxidant Status in Various Sports. *Int J Sports Med* 2006; 27: 112–116.
91. Halliwell B. Reactive Species and Antioxidants. *Redox Biology Is a Fundamental Theme of Aerobic Life. American Society of Plant Biologists.* June 2006, Vol. 141, pp. 312–322.
92. Blomhoff R. Dietary antioxidants and cardiovascular disease. *Curr Opin Lipidol.* 2005 Feb;16(1):47-54.
93. Nery RM, Barbisan JN, Mahmud MI. Influência da prática da atividade física no resultado da cirurgia de revascularização miocárdica. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2007; 22(3): 297-302.
94. Titoto L, Sansão MS, Marino LHC, Lamari NM. Reabilitação de pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio: atualização da literatura nacional. *Arq Ciênc Saúde* 2005 out-dez;12(4):216-19.

# ANEXOS

## Anexo 1. Letalidade e complicações da cirurgia de revascularização miocárdica.

**Artigo Original**



### Letalidade e Complicações da Cirurgia de Revascularização Miocárdica no Rio de Janeiro, de 1999 a 2003

*Mortality and Complications of Coronary Artery Bypass Grafting in Rio de Janeiro, from 1999 to 2003*

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Letalidades acumuladas (%) estimadas em pacientes submetidos à RVM segundo o período de evolução até um ano após a alta hospitalar, em quatro hospitais públicos do Município do Rio de Janeiro, de 1999 a 2003.

Período após a RVM	Hospitais				Total (n = 546)	p
	A (n = 146)	B (n = 122)	C (n = 144)	D (n = 134)		
Intra-hospitalar	14,3	13,7	7,0	7,4	10,9	<0,0001
Até 30 dias	16,0	16,5	7,0	7,4	12,3	<0,0001
Até 180 dias	19,3	19,3	9,4	8,5	14,7	<0,0001
Até 365 dias	20,2	19,3	9,4	8,5	14,9	<0,0001

## Anexo 2. Questionário de frequência alimentar.

### QUESTIONÁRIO ALIMENTAR

#### • IDENTIFICAÇÃO

01- Nome.....

02- N° Prontuário

03- Data de Nascimento

04- Etnia

(1) Negra (2) Branca (3) Mulata (4) Outra

05- Sexo

(1) Masculino (2) Feminino

06- Naturalidade .....

07- Data da Avaliação Inicial

#### HISTORIA ALIMENTAR

09- Quantas refeições você faz regularmente? Lembre-se de todas as refeições- café da manhã, almoço, jantar e lanches que você faz em casa ou fora de casa:

( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( ) 6 ou mais

10- Você tem uma alimentação saudável?

( ) Sim ( ) Não ( ) as vezes

Justifique:

11- Marque com (X) nos alimentos que você gosta de comer ou beber:

( ) frango ( ) legumes ( ) bolo

( ) peixe ( ) verduras ( ) pão

( ) carne de boi ( ) frutas ( ) hamburger

( ) ovo ( ) suco ( ) pizza

( ) feijão ( ) leite ( ) cachorro-quente

( ) arroz ( ) queijo ( ) biscoito

( ) macarrão ( ) danone ( ) doce/chocolate

angu                     refrigerante                     pipoca

12-Marque um (X) nos alimentos que você come sempre (pelo menos uma vez por semana):

frango                     legumes                     bolo

peixe                     verduras                     pão

carne de boi                     frutas                     hamburger

ovo                     suco                     pizza

feijão                     leite                     cachorro-quente

arroz                     queijo                     biscoito

macarrão                     danone                     doce/chocolate

angu                     refrigerante                     pipoca

13-Você come com mais frequência alimentos:

fritos                     cozidos                     grelhados ou assados

alterando todas as formas de preparo

14- Com que frequência mensal você costuma comer fast foods (Mac Donalds, Bobs etc)

nunca     quase nunca     1     2     3     4     5 ou mais

15-O que você costuma levar de lanche para o trabalho?

16-Você come doce com frequência?

todo dia     uma vez por semana     2 vezes por semana

3 vezes por semana     nunca

17- Você se acha:

gordo     magro     no peso ideal     acima do peso ideal

abaixo do peso ideal

18- Você pratica atividade física?

sim                     não

Qual?

Quantas vezes por semana?



**SERVIÇO PÚBLICO ESTADUAL  
SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE E DEFESA CIVIL  
INSTITUTO ESTADUAL DE CARDIOLOGIA ALOYSIO DE CASTRO  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

Rio de Janeiro, 31 de outubro de 2013.

Ilmo. Prof. Dr. Gerez Fernandes Martins

Venho pela presente informar-lhe que o projeto de pesquisa **"AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES CORONARIOPATAS SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO CARDÍACA"**, cadastrado na Plataforma Brasil sob o nº 20554913.0.0000.5265, foi submetido e aprovado na reunião de 11 de outubro de 2013, pelo Comitê de Ética em Pesquisa de nossa Instituição.

Esperando que seja bem sucedida a referida pesquisa, auguramos votos de êxito e enviamos nossos protestos de estima e consideração.

Coordenador do CEP do ECAC



---

Date: Fri, 16 Aug 2013 15:08:38 -0300  
From: [plataformabrasil@saude.gov.br](mailto:plataformabrasil@saude.gov.br)  
To: [jota78zau@hotmail.com](mailto:jota78zau@hotmail.com)  
Subject: PLATBR - Citação no Projeto de Pesquisa

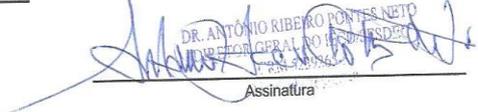
Prezado (a) Sr. (a) José Francisco Taty Zau,  
Você foi incluído como Equipe do Projeto no Projeto de Pesquisa AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES CORONARIOPATAS SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO CARDÍACA que tem como Pesquisador Responsável Gerez Fernandes Martins em 16/08/2013.

Atenciosamente,  
Plataforma Brasil  
[www.saude.gov.br/plataformabrasil](http://www.saude.gov.br/plataformabrasil)  
[plataformabrasil@saude.gov.br](mailto:plataformabrasil@saude.gov.br)

Esta é uma mensagem automática. Favor não responder este e-mail.



## FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES CORONARIOPATAS SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO CARDÍACA		2. Número de Sujeitos de Pesquisa: 60	
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 4. Ciências da Saúde			
<b>PESQUISADOR RESPONSÁVEL</b>			
5. Nome: Gerez Fernandes Martins			
6. CPF: 822.671.627-68		7. Endereço (Rua, n.º): DO HUMAITA, 231 HUMAITA 101 RIO DE JANEIRO RIO DE JANEIRO 22261000	
8. Nacionalidade: BRASILEIRA		9. Telefone: (21) 2245-2155	10. Outro Telefone:
		11. Email: gerezm@terra.com.br	
12. Cargo:			
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.			
Data: <u>07, 08, 2013</u>		 Assinatura	
<b>INSTITUIÇÃO PROPONENTE</b>			
13. Nome: Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro/ SES		14. CNPJ: 42.498.717/0012-08	15. Unidade/Órgão:
16. Telefone: (21) 2246-2718		17. Outro Telefone:	
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 196/96 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.			
Responsável: <u>Antonio Ribeiro P. Neto</u>		CPF: <u>409 099 998 - 91</u>	
Cargo/Função: <u>Diretor Geral</u>			
Data: <u>15, 10, 13</u>		 Assinatura	
<b>PATROCINADOR PRINCIPAL</b>			
Não se aplica.			

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome do paciente: \_\_\_\_\_

Matrícula Nº: \_\_\_\_\_ Contato: \_\_\_\_\_

Título do Projeto: AVALIAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM PACIENTES CORONARIOPATAS SUBMETIDOS À REABILITAÇÃO CARDÍACA.

Investigador: \_\_\_\_\_

Local do Estudo: \_\_\_\_\_

Telefone para contato: \_\_\_\_\_. Horário: de \_\_\_\_\_ às \_\_\_\_\_ H

Eu \_\_\_\_\_,

abaixo assinado, declaro ter pleno conhecimento dos objetivos desta pesquisa, tendo discutido com o médico responsável pelo estudo e recebido todas as orientações. Entendi o objetivo do estudo, sabendo tratar-se de pesquisa que visa avaliar a capacidade de resposta do organismo ao estresse oxidativo (alterações na oxigenação dos tecidos) após um período do programa de reabilitação cardíaca. Sei que para isso, farei dois (2) testes de exercício feitos habitualmente para pacientes que participam do programa de reabilitação cardíaca, sendo o primeiro teste para avaliação da capacidade funcional e prescrição do exercício. O segundo teste para avaliar a evolução. Sei que em ambos os testes será coletado sangue para a pesquisa. Sei também que se esse estudo trouxer benefícios, poderá ajudar um número grande de pessoas.

A reabilitação cardíaca é o somatório de, ou seja, é um conjunto de atividades necessárias para garantir aos pacientes portadores de doença cardíaca as melhores condições física, mental e social, de forma que eles consigam, pelo seu próprio esforço, se reintegrar e reconquistar uma posição normal na comunidade e levar uma vida ativa e produtiva.

A simples realização de um teste de exercício garante benefícios no metabolismo a todas as pessoas que forem submetidas.

Esta pesquisa estará vinculada a rotina do programa de reabilitação, permanecendo agregado ao Serviço, cumprindo a rotina diária sem modificações.

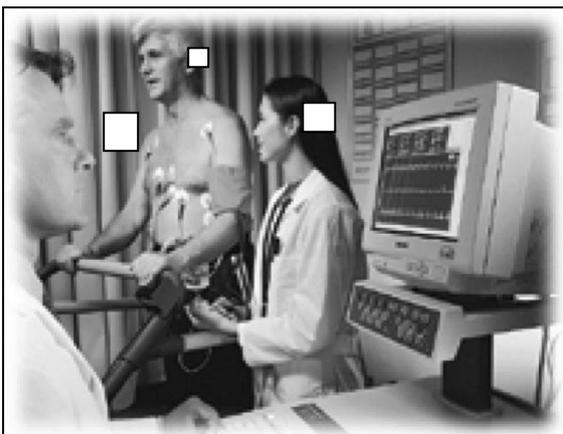
Ficam previstos os cuidados institucionais, supervisionados pelo pesquisador, para os danos na coleta de amostras de sangue (curativos, acompanhamentos e cuidados específicos) sem despesa para o paciente e/ou seu responsável legal.

Informo que todas as coletas serão realizadas no setor próprio da instituição por profissional qualificado, garantindo o padrão de segurança e qualidade.

Informo também que a assistência médica não será modificada em função da aceitação ou não em participar desta pesquisa.

As informações desta pesquisa manterão seu anonimato, serão confidenciais e divulgadas apenas sob a forma de publicação científica. Estou ciente de poder fazer quaisquer perguntas e me desligar do estudo a qualquer momento, e que esta

pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa Humana do Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro, tendo sido aprovada.



A- Teste de exercício em esteira ergométrica.

B- Musculação.

Assinatura do Paciente

---

Assinatura do responsável (se houver)

---

Assinatura da Testemunha:

---

Eu confirmo que expliquei a natureza deste estudo para o paciente e/ou seu responsável.

Assinatura do Pesquisador:

---

Data: \_\_\_\_\_