

O uso da Pesquisa Operacional na Gestão de uma Academia: um Estudo de Caso

Liliane Gomes Franqueiro – liliane.franqueiro@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia

Carla Bonato Marcolin – carla@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia

Resumo

A Pesquisa Operacional (PO) é indispensável para os gestores de empresas tomarem suas decisões com embasamentos matemáticos confiáveis. Com isso, a ideia desta pesquisa foi baseada nas reclamações dos clientes de uma academia, localizada no município de Uberlândia-MG, de que em horários específicos não havia aparelhos para treino das modalidades da empresa. O intuito é utilizar a PO para identificar possíveis pontos de melhora na academia, como a realocação de máquinas e otimização de espaço, apresentando uma análise quantitativa sobre a aplicação da modelagem linear nos problemas empresariais. Durante o trabalho, foi solicitado à empresa os dados dos seus clientes e fazendo um estudo deles, foi percebido uma suspeita que eles poderiam estar com uma estimativa fora da realidade, utilizando as pesquisas bibliográficas e a ferramenta General Algebraic Modeling System (GAMS). Com isso, teve como principal resultado um modelo e uma solução de software pouco efetiva, mostrando que a capacidade da empresa requer sugestões de melhoria no espaço, por isso, precisará haver uma nova coleta futura para ter resultados mais reais e assim mais adequados à empresa. Também, este artigo pode ser aplicado a outros ramos de negócios, que tenha grande fluxo de pessoas, como salões de beleza e posto de saúde para ter uma reorganização de horários e não haver multidões.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Modelagem Linear; Academia; GAMS.

1 Introdução

A pesquisa operacional é uma área que utiliza técnicas e métodos quantitativos para auxiliar na tomada de decisões em situações complexas em diferentes setores, tais como indústria, comércio e serviços. A pesquisa operacional pode ser definida como a aplicação do método científico a problemas relacionados ao controle de organização ou sistemas, a fim de fornecer soluções que melhoram o desempenho. Ela tem sido amplamente utilizada em diversos campos, desde a gestão da produção até a logística, com o objetivo de melhorar a eficiência e a eficácia das operações (CHURCHMAN; ACKOFF; ARNOFF, 1957).

Segundo Pindyck e Rubinfeld (2017), a pesquisa operacional envolve a análise de problemas que requerem decisões sob condições de incerteza, restrições e objetivos múltiplos. A formulação de problemas em pesquisa operacional requer a identificação dos objetivos do problema, das variáveis envolvidas, das restrições e das possíveis soluções (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Ademais, dentre as técnicas utilizadas pela pesquisa operacional, a modelagem linear é uma das mais importantes e amplamente aplicadas. É um método que envolve a criação de um modelo matemático que representa o sistema em estudo e o uso de técnicas de programação linear para encontrar a solução ótima, segundo Hillier e Lieberman (2010).

A programação linear é uma técnica que permite otimizar a alocação de recursos limitados, de forma a maximizar ou minimizar uma função objetivo. Já a programação inteira é uma extensão da programação linear, onde as variáveis são restritas a valores inteiros, o que torna o problema mais complexo, de acordo com (CHARNES; COOPER, 1961).

As academias, contexto foco desse trabalho, atualmente, tem tido uma crescente popularidade das atividades físicas que pode ser explicada por diversos fatores. De acordo com Ferreira *et al.* (2018), a preocupação com a saúde e o bem-estar tem sido um dos principais motivadores para a adesão às práticas de atividade física. As pessoas têm buscado cada vez mais um estilo de vida saudável e a prática regular de exercícios físicos tem sido reconhecida como uma forma eficaz de prevenir e tratar diversas doenças, como obesidade, diabetes, hipertensão arterial, entre outras.

A busca pelo corpo ideal e a preocupação com a estética têm sido outros fatores motivadores para a prática de atividades físicas em academias. Segundo Rocha *et al.* (2019), a cultura contemporânea valoriza a imagem corporal e a aparência física, o que tem levado muitas pessoas a buscar os serviços oferecidos pelas academias para alcançar um corpo mais bonito e saudável. Com isso, as academias têm se tornado um local propício para a prática de exercícios físicos, onde as pessoas podem contar com equipamentos modernos, treinadores especializados e diversas opções de atividades físicas.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise sobre a aplicação da modelagem linear em problemas empresariais no contexto das academias, com o intuito de verificar como essa técnica pode contribuir para a tomada de decisão e melhoria do desempenho organizacional. Para tanto, serão apresentados estudo de casos e análises quantitativas, com o objetivo de demonstrar a aplicação prática da modelagem linear.

2 Referencial teórico

A pesquisa operacional, com sua aplicação do método científico, fornece as melhores soluções para os problemas relacionados ao controle de organização. Uma delas é a modelagem linear que usa de instrumentos matemáticos para trazer resultados que será tratada mais a fundo no subtítulo 2.1 e no subtítulo 2.2 mostrará como podemos aplicar a pesquisa operacional em ambientes reais, com grande fluxo de pessoas como em uma academia.

2.1 Modelagem linear

A pesquisa operacional (PO) é uma área da matemática aplicada que utiliza técnicas e ferramentas matemáticas para modelar e resolver problemas complexos. Dentre as técnicas mais importantes utilizadas na PO, destacam-se a modelagem linear e a modelagem não linear (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

A modelagem linear é um método que envolve a criação de modelos matemáticos que representam sistemas lineares e o uso de técnicas de programação linear para encontrar a solução ótima. Segundo Hillier e Lieberman (2010), é uma técnica de otimização que permite encontrar a solução ótima para um problema, dentro de um conjunto de restrições e objetivos, utilizada para resolver problemas complexos que podem ser representados por meio de equações lineares.

Segundo Martins e Laugeni (2017), é uma ferramenta útil para a tomada de decisões em diversas áreas, como logística, produção, finanças, entre outras. A modelagem linear permite a otimização de recursos e a maximização de lucros, além de auxiliar na identificação de gargalos e problemas na cadeia produtiva. A modelagem linear pode ser utilizada em diversas áreas, como na gestão de estoques, na otimização de processos produtivos, na análise de investimentos e na alocação de recursos financeiros. Dessa forma, é possível identificar oportunidades de melhoria e maximizar os lucros da empresa (PINTO; OLIVEIRA, 2019).

Conforme Valeri (2019), um exemplo de aplicação dessa modelagem é na área de logística, onde pode ser utilizada para a otimização de rotas de transporte, como o problema clássico do caixeiro viajante que tem como objetivo encontrar o caminho mais curto, passando por todos os pontos uma única vez e começa e terminar no mesmo ponto, com o intuito de encontrar a viagem de ida e volta mais curta possível. De acordo com Araújo *et al.* (2018), a modelagem linear permite a definição de rotas mais eficientes, considerando fatores como a distância a ser percorrida, o tempo de entrega, o custo do transporte, entre outros. Além disso, pode ser utilizada na alocação de recursos, como mão de obra e máquinas, buscando a melhor combinação possível para atender às demandas do mercado de forma eficiente e econômica.

Outro ponto importante é a análise de diferentes restrições e objetivos, o que é essencial para o planejamento estratégico das empresas. De acordo com Bodin *et al.* (2016), a modelagem linear é uma ferramenta de grande valor para a análise de riscos e a simulação de diferentes cenários em relação ao mercado, à concorrência e às políticas de governo. Assim, é uma técnica que auxilia no desenvolvimento de estratégias mais sólidas e eficazes para a empresa.

Já a modelagem não linear é um método que envolve a criação de modelos matemáticos que representam sistemas não lineares e a utilização de técnicas de otimização não linear para resolver problemas que não podem ser resolvidos com técnicas de programação linear. De acordo com Fiacco e McCormick (1990), os problemas de otimização não linear estão presentes em muitas áreas, desde a modelagem de sistemas físicos até o planejamento de produção.

Essa modelagem tem sido amplamente utilizada em diferentes áreas do conhecimento para análise de dados e previsão de resultados. Na área de física, por exemplo, a modelagem não

linear tem sido utilizada para descrever relações entre forças, movimentos e energias em sistemas complexos. Essa modelagem tem sido fundamental para entender a dinâmica de sistemas complexos, como o clima, o tráfego e o comportamento animal (LI *et al.*, 2019).

A modelagem é baseada em modelos matemáticos que descrevem relações não lineares entre variáveis dependentes e independentes. Esses modelos são caracterizados por uma função não linear que descreve a relação entre as variáveis. Segundo de Carvalho e Sant'Ana (2019), a escolha do modelo não linear adequado depende das características dos dados e da relação esperada entre as variáveis.

Diante disso, a modelagem linear por ser uma técnica de programação matemática que busca maximizar ou minimizar uma função linear submetida a um conjunto de restrições lineares é utilizada neste trabalho para trazer uma maior organização da relação aluno e a capacidade máxima das pessoas nas categorias da academia, afim que não haja lotação e o modelo consiga maximizar os lucros da empresa. Também, por permitir a otimização de processos, recursos e a previsão de demanda, como a alocação de recursos de espaço, equipamentos e horários de aula, de forma a maximizar a satisfação dos clientes e reduzir os custos.

2.2 Pesquisa Operacional nas academias

Segundo Carvalho e Laurindo (2008), a PO é uma ferramenta poderosa para auxiliar na tomada de decisões estratégicas, pois permite a análise de diferentes cenários e a escolha da melhor alternativa de forma objetiva. Além disso, pode ser aplicada em empresas de todos os tamanhos e em diferentes setores da economia. No contexto acadêmico, a PO tem sido utilizada em diversas pesquisas e trabalhos de conclusão de curso (TCCs). Segundo Ferreira *et al.* (2019), tem sido aplicada em estudos relacionados à gestão de estoques, planejamento da produção, análise de investimentos, entre outros temas.

Além disso, a PO tem sido objeto de estudo em si mesma, com o objetivo de aprimorar as técnicas existentes e desenvolver novas abordagens para a resolução de problemas complexos. De acordo com Vargas e Ferreira (2018), a pesquisa em PO tem se concentrado em áreas como otimização combinatória, simulação, teoria dos jogos, entre outras.

Com isso, é importante destacar que é uma área em constante evolução, com novas técnicas e abordagens sendo desenvolvidas a cada dia. De acordo com Nogueira *et al.* (2020), a pesquisa em PO tem se concentrado em áreas como otimização combinatória, programação não linear, simulação estocástica, entre outras.

Diante disso, a pesquisa operacional é uma área de estudo que tem ganhado destaque nas academias e em diversos setores da sociedade. De acordo com Silva e Cardoso (2016), a PO tem se mostrado uma ferramenta eficaz para auxiliar na tomada de decisões estratégicas, contribuindo para a resolução de problemas complexos de forma objetiva e eficiente. Além disso, a PO permite analisar diferentes cenários e identificar a melhor solução para cada situação.

Atualmente, as pessoas têm se mostrado cada vez mais preocupação com seus corpos e a relação de saúde e bem-estar (ROCHA *et al.*, 2019). A gestão da academia necessita de um gestor eficiente com entendimento em marketing, recursos humanos e administração para que tenha uma gerência mais eficiente, melhorias constantes na academia e acompanhe o mercado. Além disso, esse gerenciamento deve ter planejamento estratégico, gestão de pessoas, qualidade nos serviços prestados, controle financeiro e enfoque na satisfação dos clientes (AMARAL; SANTOS, 2019).

Conforme Ferreira *et al.* (2020), o relacionamento entre funcionários e clientes faz diferença no sucesso do negócio, com isso, a gestão das pessoas é muito importante junto com uma equipe motivada, com capacidade intelectual e atendimento de qualidade, com o intuito de ter a satisfação cada vez maior dos clientes. Com essa gestão, as academias têm mais chance de ter resultados positivos em todos os setores dela, como financeiro, marketing e administração (AMARAL; SANTOS, 2019).

A aplicação da PO nas academias pode ser utilizada para resolver problemas relacionados à gestão de recursos, tais como a alocação de salas de aula, horários de aula, distribuição de materiais, entre outros. O principal intuito é fazer a adesão e a retenção do cliente, para isso, é preciso ter enfoque em atrair e manter os alunos, além disso, os fidelizar para que em tempos de alta competitividade, eles se mantenham na academia (LEITE NETO, 2000, p.10).

Os profissionais sócios e até mesmo os que trabalham na academia precisam ser pessoas capacitadas e que mostrem um excelente serviço, atendimento e evolução. Contudo, isso não é uma regra, pois podem haver coordenadores que não tem conhecimento sobre o assunto que a empresa necessita para ter uma organização boa e assim acabar gerando um processo falho e cheio de erros (SABA, 2012).

Como fundamento a este trabalho, os autores Silva, Carvalho, Urbanavicius Júnior (2006) mostram o modelo de programação linear para achar uma solução que maximize a receita da academia, no qual eles trabalharam no artigo deles. Com isso, a metodologia utilizada foi o embasamento teórico e um caso hipotético, que mostrava um exemplo de problema de produção com maximização de lucros, logo após, teve a aplicação real na academia estudada. O caso real foi feito estudando a fundo os dados da firma, levando em consideração as modalidades da academia e a problemática dos alunos matriculados com a capacidade máxima estrutural da empresa.

Visto isso, foi feita a declaração das variáveis, que era a quantidade de alunos por modalidade, em seguida, foi desenvolvida a função objetivo e utilizada a ferramenta Solver do Microsoft Office Excel cujo objetivo era apresentar a pesquisa operacional como instrumento de tomadas de decisões racionais. Portanto, teve como resultado uma melhor otimização do espaço com a receita máxima e o software apresentou números exatos de quantos alunos cada modalidade poderá ter, o que irá facilitar o controle das matrículas para o proprietário.

3 Procedimentos Metodológicos

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise quantitativa sobre a aplicação da modelagem linear em problemas empresariais no contexto das academias, como forma de ajudar os gestores na tomada de decisão. Nesta seção, no subtítulo 3.1 são apresentados os dados e as informações coletadas diretamente com a academia, na qual o estudo foi realizado, mostrando um pouco do seu ambiente e de sua operação. Já no subtítulo 3.2, são abordados o modelo utilizado e a explicação da formulação do problema junto com a função objetivo.

3.1 Dados e informações da academia

O proprietário tem a administração de duas academias, ambas na cidade de Uberlândia e são consideradas academias de rede com um alcance maior do público. Os dados coletados e analisados são apenas de uma das academias, que tem 4 anos de funcionamento e dispõe de 15 funcionários, com horários de funcionamento das 6h às 23h, de segunda à sexta; aos sábados, o horário: das 9h às 18h e aos domingos: das 10h às 14h.

De acordo com o proprietário, a empresa possui um número considerável de alunos principalmente nas estações quentes do ano, que são atualmente 707 ativos. O número máximo de alunos que a academia suporta é de 575 pessoas e cada modalidade, excluindo a musculação, tem aula em somente um turno do dia, com fitdance de segunda, quarta e sexta das 19h30 às 20h20, muaythai nos dias de terça e quinta das 19h às 20h, spinning de segunda à sexta das 18h às 19h e musculação das 6h às 23h, de segunda à sexta; aos sábados das 9h às 18h e aos domingos das 10h às 14h.

Além disso, cada modalidade oferecida possui um número máximo de alunos: musculação com 85; fitdance com 20; spinning com 13; e muaythai com 9. Também, o perfil dos alunos, que se veem como os apresentados, são homens com 397 e mulheres com 310, outrossim, a grande porcentagem com 40% dos dois sexos estão na faixa etária de 21 a 30 anos.

A problemática do trabalho é baseada em um caso real e pode ser apresentada em como resolver a questão da organização da academia frente a não passar a capacidade máxima de pessoas dentro do local nas modalidades, a fim de que haja uma restrição em quantas pessoas podem estar nas salas de cada uma, mas mantendo ou maximizando a receita da empresa.

Dado que o prédio é alugado aumentar a capacidade não é uma possibilidade no curto prazo, com isso, tem se problema de lotação durante o horário noturno. Outro impasse percebido é que analisando os dados, percebe se que a grande maioria dos alunos fazem a matrícula nos quatros primeiros meses e depois não dão continuidade na academia, o que mostra a não fidelização do cliente, o que pode ser notado pela quantidade de matrículas: a mensal é de 330, a semestral de 283, a trimestral de 72 e as aulas avulsas 44.

Além desses dados, sabe-se através do proprietário que as modalidades de fitdance e muaythai compartilham da mesma sala, o que faz com que, apesar da capacidade máxima de alunos quando analisadas em conjunto, é possível dizer que tais modalidades juntas não podem apresentar mais de 20 em um mesmo período, pois é a capacidade máxima de pessoas na sala.

3.2 Métodos utilizados

A resolução deste trabalho se dará através da ferramenta General Algebraic Modeling System (GAMS), que é um sistema de modelagem de alto nível para programação matemática e otimização, afim de modelar e resolver problemas de otimização linear, não linear e de inteiro misto, utilizado para resolver este problema de Otimização de Recursos e Maximização de Receita.

Para atingir o objetivo do trabalho, foi formulada uma função objetivo que precisa saber quantas pessoas frequentam a academia nos turnos manhã, tarde e noite e a receita que cada aluno dá por modalidade nos últimos 4 meses, com o objetivo de maximizar a receita da empresa e reorganizar as pessoas para não haver lotação na academia.

Com isso, tem se a função objetivo (Equação 1) abaixo:

$$Z = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 R_{ij} X_{ij} \rightarrow \text{Max!}$$

Equação 1

$i \{1 = \text{Musculação}, 2 = \text{Fitdance}, 3 = \text{Muaythai}, 4 = \text{Spinning}\}$

$j \{1 = \text{Manhã}, 2 = \text{Tarde}, 3 = \text{Noite}\}$

Sendo:

Z = A receita máxima.

i = Modalidade da academia de 1 a 4.

j = Turnos da academia de 1 a 3.

R_{ij} = Receita i modalidade por j turnos com variação somente no i .

X_{ij} = Número de alunos em i modalidades por j turnos.

A partir disso tem se as restrições abaixo (Equação 2), (Equação 3), (Equação 4), (Equação 5), (Equação 6), (Equação 7), (Equação 8):

Capacidade máxima de alunos nas modalidades (mensal):

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} \leq 5100$$

Equação 2

$$X_{23} \leq 240$$

Equação 3

$$X_{33} \leq 72$$

Equação 4

$$X_{43} \leq 260$$

Equação 5

Capacidade máxima de alunos em cada turno (mensal):

$$X_{11} \leq 17250$$

Equação 6

$$X_{12} \leq 17250$$

Equação 7

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} \leq 17250$$

Equação 8

As variáveis X_{21} , X_{22} , X_{31} , X_{32} , X_{41} , X_{42} não estão presente nas equações de restrições, pois as modalidades (fitdance, muaythai, spinning) são oferecidas somente no turno da noite. Já a modalidade de musculação apresenta se em todos os turnos.

As restrições foram calculadas levando em consideração o mês com 4 semanas, os turnos, a quantidade de vezes das aulas e a capacidade de pessoas. Apesar da academia funcionar aos finais de semana, esses dias foram desconsiderados pela irregularidade de frequência de alunos. Na musculação, mensalmente serão 60 aulas com 85 pessoas, o que dará um valor de 5.100. No fitdance, trazendo o fato de que serão 12 aulas e são 20 pessoas que comporta a sala, serão 240, já o muaythai, serão 8 aulas totais com 9 pessoas máximas, o que dará 72 e por fim, o spinning durante o mês ficaria 20 vezes no mês com uma capacidade de 13 pessoas por aula com uma restrição com valor 260.

4 Análise dos resultados

Nesta seção, o subtítulo 4.1 apresenta o cenário atual da academia com a quantidade de pessoas utilizando. Já o subtítulo 4.2, traz uma comparação entre o panorama atual e as sugestões de mudança, ambos usando o GAMS.

4.1 Cenário atual

Na Tabela 1, os dados foram calculados baseado no cenário atual da academia:

Tabela 1 — Dados atuais da academia.

Modalidade/Turno	Manhã	Tarde	Noite	Total	Restrições	Receita
Musculação	125	350	111	586	5.100	140
Fitdance	0	0	38	38	240	140
Muaythai	0	0	113	113	72	140
Spinning	0	0	113	113	260	140
Total	125	350	375	850	-	-
Restrições	17.250	17.250	17.250	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 1 foi gerada a partir dos dados cedidos pelo dono da academia, com um total de 5.100 pessoas que fazem musculação em todos os turnos durante 4 semanas, no fitdance tem se 240 pessoas, no muaythai com 72 e no spinning com 260. Com isso, como a capacidade da academia em cada turno foi calculada pela capacidade máxima diária da academia, de 575 multiplicado pelos 30 dias (4 semanas), resultando em um valor de 17.250.

Na figura 1 apresenta-se a modelagem do GAMS:


```

1 sets
2 i   modalidade / i1 * i4 /
3 j   turnos / j1 * j3/
4 table
5 r(i,j) Receita i modalidade por j turnos com variação somente no i
6
7       j1  j2  j3
8   i1  140 140 140
9   i2   0  0 140
10  i3   0  0 140
11  i4   0  0 140
12
13 parameters
14 a(i) restricaomodal / i1 5100, i2 240, i3 72, i4 260/
15 b(j) restricaoturno /j1 17250, j2 17250, j3 17250/;
16
17
18 positive variable
19
20 x(i,j) Número de alunos em i modalidades por j turnos;
21
22 variable
23 z      A receita máxima
24
25 equations
26 restricaomusculacao  capacidade máxima de alunos nas modalidades
27 restricaomfitdance  capacidade máxima de alunos nas modalidades
28 restricaomuaythai  capacidade máxima de alunos nas modalidades
29 restricaomspinning  capacidade máxima de alunos nas modalidades
30
31 restricaotmanha  capacidade máxima de alunos em cada turno manha
32 restricaottarde  capacidade máxima de alunos em cada turno tarde
33 restricaotnoite  capacidade máxima de alunos em cada turno noite
34
35 fobjmax;
36
37
38 restricaomusculacao .. x("i1", "j1") + x("i1", "j2")+ x("i1","j3") =l= a("i1");
39 restricaomfitdance .. x("i2", "j3") =l= a("i2");
40 restricaomuaythai .. x("i3","j3") =l= a("i3");
41 restricaomspinning .. x("i4","j3") =l= a("i4");
42
43 restricaotmanha .. x("i1", "j1") =l= b("j1");
44 restricaottarde .. x("i1", "j2") =l= b("j2");
45 restricaotnoite .. x("i1", "j3") + x("i2", "j3")+ x("i3","j3")+ x("i4","j3") =l= b("j3");
46
47
48 fobjmax ..z =e= sum((i,j), r(i,j)*x(i,j));
49
50 model academia /all/;
51 solve academia using lp maximizing z
52
53
54 display x.l;
55 display z.l;
56

```

Figura 1 — Modelagem do GAMS.

Fonte: Dados da pesquisa

Nesta figura, mostra-se o desenvolvimento matemático do sistema, com a declaração das variáveis, com a modalidade (*i*) variando de 1 a 4, que equivale a musculação, fitdance, muaythai e spinning, respectivamente e a variável turno (*j*) varia de 1 a 3, com manhã, tarde e noite, nessa ordem. Utilizando “R” como a receita, levando em consideração a modalidade e turno, porém com uma variação somente da modalidade, foi feita uma tabela colocando o valor mensal cobrado dos clientes na academia. Também, os valores com zero são referentes

aos turnos que não tem cada modalidade, por exemplo fitdance na parte da manhã e na parte da tarde.

Em parâmetros (*parameters*), foi colocada a restrição de modalidade ($a(i)$) para cada uma delas, musculação com 5.100, fitdance com 240, muaythai com 72 e spinning com 260. Já, na restrição do turno ($b(j)$), todos tem o mesmo valor de 17.250 que independente do turno a capacidade mensal da academia não altera. Nas equações (*equations*), são feitas as inequações escritas no subtítulo 3.2 no software GAMS.

Na figura 2 apresenta-se a solução do GAMS:

```

Optimal solution found
Objective:      794080.000000

                LOWER          LEVEL          UPPER          MARGINAL
---- EQU restricao~  -INF          5100.0000      5100.0000      140.0000
---- EQU restricao~  -INF          240.0000       240.0000       140.0000
---- EQU restricao~  -INF           72.0000        72.0000        140.0000
---- EQU restricao~  -INF          260.0000       260.0000       140.0000
---- EQU restricao~  -INF           .              17250.0000      .
---- EQU restricao~  -INF           .              17250.0000      .
---- EQU restricao~  -INF          5672.0000      17250.0000      .
---- EQU fobjmax    .              .              .              1.0000

restricaommusculacao  capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaomfitdance    capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaomuaythai    capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaomspinning    capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaotmanha       capacidade máxima de alunos em cada turno manha
restricaottarde       capacidade máxima de alunos em cada turno tarde
restricaotnoite       capacidade máxima de alunos em cada turno noite

---- VAR x  Número de alunos em i modalidades por j turnos

                LOWER          LEVEL          UPPER          MARGINAL
i1.j1          .              .              +INF          EPS
i1.j2          .              .              +INF          EPS
i1.j3          .              5100.0000      +INF          .
i2.j3          .              240.0000       +INF          .
i3.j3          .              72.0000        +INF          .
i4.j3          .              260.0000       +INF          .

                LOWER          LEVEL          UPPER          MARGINAL
---- VAR z      -INF          794080.0000    +INF          .

z  A receita máxima

```

Figura 2 — Solução do GAMS.

Fonte: Dados da pesquisa

Nesta figura, mostra-se o valor da função objetivo (*Objective*) com 794.080,00 e uma solução ótima encontrada (*Optimal solution found*). Além disso, tem-se as equações representando os limites, que são: *lower*, que tende ao menos infinito pelo fato de não ter a restrição do limite inferior; *upper*, que é a restrição máxima a qual foi apresentada no decorrer do trabalho; *level* é o valor da equação e *marginal* é o valor da receita.

Com isso, podemos analisar os valores, que o software distribuiu entre as variáveis, como na modalidade (i_1) musculação em todos os turnos (j_1, j_2, j_3), porém para os turnos de manhã e tarde o modelo não apresentou nenhum valor, colocando tudo no turno da noite. As demais

modalidades foram todas postas no turno da noite pelo fato que a maioria das atividades acontecem somente nesse horário e o software entende que será mais proveitoso colocar onde tem mais procura.

Na figura 3 apresenta-se a solução do GAMS:

```

----      54 VARIABLE x.L  Número de alunos em i modalidades por j turnos
                j3
i1      5100.000
i2      240.000
i3       72.000
i4      260.000

----      55 VARIABLE z.L                               = 794080.000  A receita máxima
  
```

Figura 3 — Resolução do GAMS.

Fonte: Dados da pesquisa

Portanto, a solução encontrada pelo GAMS foi de alocar todos os clientes da academia no período da noite (j_3) pelo fato das modalidades i_2 (fitdance), i_3 (muaythai), i_4 (spinning) serem neste horário, ao contrário do período de manhã (j_1) e tarde (j_2), no qual há somente a musculação. Após a modelagem na ferramenta, teve como resultado uma solução ótima de 794.080,00.

Pelos dados analisados, entende-se que pode haver incoerências na estimativa, por causa do problema inicial ser a falta de espaço e aparelhos lotados, contudo, os números dão o entendimento que tem uma área da academia muito grande não utilizada, o que não acontece na realidade da empresa.

4.2 Cenário sugerido

Na tabela 2, os dados da tabela foram calculados baseado no cenário sugerido da academia:

Tabela 2 — Dados sugeridos da academia.

Modalidade/Turno	Manhã	Tarde	Noite	Total	Restrições	Receita
Musculação	125	350	111	586	5.100	140
Fitdance	0	0	38	38	240	140
Muaythai	0	0	113	113	72	140
Spinning	0	0	113	113	260	140
Total	125	350	375	850	-	-
Restrições	4.313	4.313	4.313	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

A tabela 2 foi gerada a partir dos dados da academia, porém estudando os dados percebe-se que a empresa precisa de sugestões de mudança de gestão de espaço. Com isso, optou-se por realizar uma estimativa que poderia ser próxima da realidade, através da divisão do valor de 17.250 em duas partes, três partes até chegar na quarta parte, pois mostra um número mais aceitável para se adequar às restrições, com um valor de 4.313 e não foi dividido a quinta parte por receio que atrapalhasse a restrição da musculação.

Na figura 4 apresenta-se a modelagem no GAMS:

```

1  sets
2  i  modalidade / i1 * i4 /
3  j  turnos / j1 * j3/
4  table
5  r(i,j) Receita i modalidade por j turnos com variação somente no i
6
7      j1  j2  j3
8  i1  140 140 140
9  i2   0  0 140
10 i3   0  0 140
11 i4   0  0 140
12
13 parameters
14 a(i) restricaomodal / i1 5100, i2 240, i3 72, i4 260/
15 b(j) restricaoturno /j1 4313, j2 4313, j3 4313/;
16
17
18 positive variable
19
20 x(i,j) Número de alunos em i modalidades por j turnos;
21
22 variable
23 z      A receita máxima

```

Figura 4 — Desenvolvimento do GAMS.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na figura 4 mostra-se a resolução matemática do sistema, com a declaração das variáveis, com a modalidade (i) variando de 1 a 4, no qual equivale a musculação, ao fitdance, ao muaythai e ao spinning, nessa ordem e a variável turno (j) varia de 1 a 3, com manhã, tarde e noite. Aplicando a letra “R” como receita, porém com uma variação somente da modalidade, foi feita uma tabela colocando o valor mensal cobrado dos clientes na academia e os valores com zero são referentes aos turnos que não tem cada modalidade.

Em parâmetros (*parameters*), foi colocada a restrição de modalidade ($a(i)$) para cada uma delas, musculação com 5.100, fitdance com 240, muaythai com 72 e spinning com 260. Já, na restrição do turno ($b(j)$) foi feita uma estimativa, melhor apresentada na tabela 2, de que todas tem o mesmo valor de 4.313, que independente do turno a capacidade mensal da academia não altera.

Na figura 5 apresenta-se a solução do GAMS:

```

Optimal solution found
Objective:      794080.000000


```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU restricao~	-INF	5100.0000	5100.0000	140.0000
---- EQU restricao~	-INF	240.0000	240.0000	140.0000
---- EQU restricao~	-INF	72.0000	72.0000	140.0000
---- EQU restricao~	-INF	260.0000	260.0000	140.0000
---- EQU restricao~	-INF	4313.0000	4313.0000	EPS
---- EQU restricao~	-INF	787.0000	4313.0000	.
---- EQU restricao~	-INF	572.0000	4313.0000	.
---- EQU fobjmax	.	.	.	1.0000

restricaommusculacao capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaomfitdance capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaomuaythai capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaomspinning capacidade máxima de alunos nas modalidades
restricaotmanha capacidade máxima de alunos em cada turno manha
restricaottarde capacidade máxima de alunos em cada turno tarde
restricaotnoite capacidade máxima de alunos em cada turno noite

```

---- VAR x Número de alunos em i modalidades por j turnos


```

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
i1.j1	.	4313.0000	+INF	.
i1.j2	.	787.0000	+INF	.
i1.j3	.	.	+INF	EPS
i2.j3	.	240.0000	+INF	.
i3.j3	.	72.0000	+INF	.
i4.j3	.	260.0000	+INF	.

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR z	-INF	794080.0000	+INF	.

z A receita máxima

```

**** REPORT SUMMARY :      0      NONOPT

```

Figura 5 — Resultado do GAMS.

Fonte: Dados da pesquisa

Nesta figura, mostra-se o valor da função objetivo (*Objective-FO*) com 794.080,00 e uma solução ótima encontrada (*Optimal solution found*). Como pode-se perceber, não houve alteração no valor da FO, porque não houve mudança no valor da receita e sim uma redistribuição e restrição maior. Além disso, tem-se as equações representando os limites, que são: *lower*, que tende ao menos infinito pelo fato de não ter a restrição do limite mínimo; *upper*, que é a restrição máxima a qual foi apresentada no decorrer do trabalho; *level* é o valor da equação e *marginal* é o valor da receita. Fazendo uma comparação com a situação atual da academia, os valores do *level* na manhã e na tarde foram consideradas, com um valor de 4.313 e 787, respectivamente, deixando assim a noite apenas com 572.

Com isso, o software distribuiu entre as variáveis, como na modalidade (i_1) musculação em todos os turnos (j_1, j_2, j_3), colocando os valores nos turnos de manhã e tarde e deixando a noite sem valor. As demais modalidades, foram todas postas no turno da noite pelo fato que a maioria das atividades acontecem somente nesse horário, mantendo os mesmos da figura 2.

Na figura 6 apresenta-se a solução do GAMS:

54 VARIABLE x.L Número de alunos em i modalidades por j turnos			
	j1	j2	j3
i1	4313.000	787.000	
i2			240.000
i3			72.000
i4			260.000
55 VARIABLE z.L = 794080.000 A receita máxima			

Figura 6 — Resposta do GAMS.

Fonte: Dados da pesquisa

Na figura 6, a musculação (i_1), os valores da variável manhã (j_1) e na tarde (j_2) foram consideradas, com um valor de 4.313 e 787, respectivamente, deixando assim a noite (j_3) sem valor. E nas demais modalidades (i_2, i_3, i_4), por não terem nem de manhã nem de tarde, não foram consideradas.

A solução encontrada foi de alocar todos os clientes da academia no período da noite (j_3) no cenário atual, porém com a redistribuição na modalidade da musculação, que foi tirar as pessoas desta modalidade no período da noite, o modelo começa a se tornar mais perto da realidade. Contudo, pensando pelo lado da empresa não é vantajoso retirar os clientes deste horário e sim, distribuir mais e mostra a necessidade de repassar os dados e fazer uma estimativa nova. Ademais, com a solução ótima de 794.080, pode-se perceber que não houve alteração no valor da função, pelo fato de não ter mudança na receita e sim uma redistribuição e restrição maior, o que poderia ser uma sugestão de mudança no valor da receita mensal da academia.

Por isso, uma das formas de tornar a resolução do problema mais efetivo poderia ser procurar outro lugar 4 vezes menor que o lugar atual e que tenha capacidade de expandir as salas, no sentido de colocar mais bicicletas na sala de spinning e usar esse espaço extra que irá ter nas outras modalidades para colocar mais máquinas de musculação, a fim de suprir o valor da diferença entre as 5.100 de pessoas em todos os turnos em 4 semanas e a capacidade máxima de 4.313.

5 Conclusão

Como visto no decorrer desta pesquisa, a Pesquisa Operacional é muito importante para os gestores tomarem suas decisões com embasamentos matemáticos confiáveis, no qual leva em consideração o cenário atual e restrições do ambiente. Também apresentado, a aplicação da modelagem linear em problemas empresariais no contexto das academias, com o intuito de traçar sugestões de mudanças, como de gestão, de reorganização de espaço e de maximizar a receita da empresa.

Além disso, neste trabalho houve limitações, como a suspeita de dados fora de escala e fora da realidade da empresa, por isso, não foi possível traçar uma solução mais assertiva. Contudo, o objetivo principal, que é a reorganização do espaço, foi atingido com uma sugestão de melhoria. Por meio dos dados cedidos pela empresa e com o auxílio da ferramenta General Algebraic Modeling System (GAMS), a sugestão seria procurar outro estabelecimento com uma proporção de 4 vezes menor que o lugar atual, que tenha capacidade de expandir as salas, a fim de que coloque mais bicicletas na sala de spinning e use esse espaço extra para colocar mais máquinas de musculação.

Como continuação a esta pesquisa, propõe-se uma análise mais complexa, com uma coleta mais assertiva dos dados maior referente a realidade da academia. Também, este trabalho pode ser utilizado não somente para academias mas também para empresas com grandes fluxos de pessoas, como salões de beleza e posto de saúde a fim de que, se adequando ao ambiente, tenha uma organização melhor do espaço e horários.

Referências

- AMARAL, V. C.; SANTOS, D. S. Gestão de academias: o que não te contaram. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO, 5., 2019, Fortaleza. **Anais[...]**. Universidade Federal do Ceará: 2019.
- ARAÚJO, F. C. *et al.* Modelagem matemática e simulação de sistemas de logística integrada. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 82-94, 2018.
- BODIN, L. *et al.* **Operations Research and Decision Making: A Dynamic Approach**. Berlin: Springer, 2016.
- CARVALHO, F. A. T., SANT'ANA, R. **Modelos não lineares: teoria e prática**. São Paulo: Editora Atlas, 2019.
- CARVALHO, M. M.; LAURINDO, F. J. B. **Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisões**. São Paulo: Atlas, 2008.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W. Programming with linear fractional functions. **Naval Research Logistics Quarterly**, Estados Unidos, v. 8, n. 3, p. 181-186, 1961.
- CHURCHMAN, C. W.; ACKOFF, R. L.; ARNOFF, E. A. **Introduction to Operations Research**. New York: John Wiley & Sons, 1957.
- FERREIRA, J. S. *et al.* Gestão de pessoas em academias: fatores críticos para o sucesso. **Revista Científica dos Profissionais de Educação Física do Paraná**, Paraná, v. 8, n. 1, p. 3-10, 2020.
- FERREIRA, L. A. *et al.* Aplicação da Pesquisa Operacional em trabalhos de conclusão de curso: análise dos últimos 10 anos. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, Campo Largo, v. 18, n. 1, p. 1-18, 2019.
- FERREIRA, L. S. *et al.* Motivos e barreiras para a prática de atividade física em academias. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Caetano do Sul, v. 26, n. 4, p. 49-56, 2018.
- FIACCO, A. V.; MCCORMICK, G. P. **Nonlinear Programming: Sequential Unconstrained Minimization Techniques**. New York: Wiley, 1990.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. New York: McGraw-Hill, 2010.
- LEITE NETO, J. A. **Academias: Estratégia para o sucesso**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- LI, X., JIN, S., XIE, F. *et al.* Nonlinear modeling of complex systems: applications and challenges. **Nonlinear Dynamics**, New York, v. 96, n. 1, p. 175-193, 2019.
- MARTINS, E.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2017.
- NOGUEIRA, R. C. *et al.* Pesquisa Operacional: principais tendências e desafios. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ciência da Computação**, Passo Fundo, v. 4, n. 1, p. 1-15, 2020.

- PINDYCK, R. S., RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2017.
- PINTO, A. B.; OLIVEIRA, A. C. **Modelagem matemática aplicada a negócios**. São Paulo: Cengage Learning, 2019.
- ROCHA, R. L. *et al.* O Corpo como Capital: a busca pela estética em academias de ginástica. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Belo Horizonte, v. 41, n. 1, p. 20-26, 2019.
- SABA, F. **Gestão em atendimento: manual prático para academias e centros esportivos**. 2. Ed. Barueri: Manole, 2012.
- SILVA, A. B.; CARDOSO, A. F. A utilização da Pesquisa Operacional na tomada de decisão. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 327-342, 2016.
- SILVA, E. M.; CARVALHO, R. R. S.; URBANAVICIUS JÚNIOR, V. Pesquisa operacional aplicada na maximização de receita em uma academia de ginástica. *In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA*, 2006, Minas Gerais. **Anais[...]**. Minas Gerais: Fundação de amparo à pesquisa do estado de minas gerais, 2006. p. 1-15.
- VALERI, T. F. **Aplicabilidade do problema do caixeiro viajante na roteirização de visitas de representantes de empresas aos clientes**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Faculdade de Gestão de Negócios, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- VARGAS, M. P.; FERREIRA, L. A. Pesquisa Operacional: principais tendências e desafios. **Revista de Administração e Contabilidade**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2018.