

MODELLO DI LOCALIZZAZIONE PER ISTITUTI DI EDUCAZIONE SPORTIVA

JUNIOR, Homero da Silva Nahum^{1,2}; BRITO, Diogo de Freitas^{1,3}; BRASIL, Roxana Macedo⁴; BARRETO, Ana Cristina Lopes y Glória¹; CARVALHO JUNIOR, Sergio⁵.

Resumo

O trabalho objetivou desenvolver modelos de programação linear inteira para determinar a localização de unidades de ensino esportivo. A área de influência das unidades deveria ter a forma de quadrado. As variáveis consideradas foram mensalidade, barreira geográfica, acesso, segurança e infraestrutura. A implementação foi realizada com Python 3.12.8. Os modelos de localização de máxima cobertura e disponibilidade foram capazes de fornecer resultados viáveis, em razão das restrições estabelecidas. Então, a conclusão pelo alcance adequado do objetivo se estabeleceu.

Palavras-chave: Pesquisa operacional. Modelagem. Planejamento. Matemática. Administração.

Sommario

L'obiettivo della ricerca era sviluppare un modello di programmazione lineare intera per determinare l'ubicazione delle unità di educazione sportiva. L'area di influenza delle unità dovrebbe essere di forma quadrata. Le variabili considerate sono state canone mensile, barriera geografica, accesso, sicurezza e infrastruttura. L'implementazione ha utilizzato Python 3.12.8. I modelli di localizzazione con la massima copertura e disponibilità sono stati in grado di fornire risultati validi, date le restrizioni stabilite. Quindi, in conclusione, l'obiettivo è stato stabilito.

Parola chiave: Ricerca operativa. Modellazione. Pianificazione. Matematica. Amministrazione.

Abstract

The aim of this study was to develop integer linear programming models to determine the location of sports education units. The area of influence of the units should be in the form of a square. The variables considered were monthly fees, geographic barrier, access, security and infrastructure. The implementation used Python 3.12.8. The maximum coverage and availability location models were able to provide viable results, due to the established restrictions. Therefore, in conclusion, the objective was established.

Keywords: Operational research. Modelling. Planning. Mathematics. Administration.

¹ Docentes do Curso de Educação Física do Centro Universitário Celso Lisboa;

² Docente da Escola de Saúde da Universidade Candido Mendes;

³ Docente do Curso de Gestão Desportiva e do Lazer do Centro Universitário Celso Lisboa;

⁴ Docente Ph.D. em Educação Física;

⁵ Pesquisador convidado do Biodesa.

Introdução

La programmazione lineare intera (ILP) avrebbe lo scopo di determinare la migliore allocazione delle risorse quando almeno una variabile decisionale (x) ammette esclusivamente valori interi, generici se $x \in \mathbb{Z}$ o $x \mid \forall x_i \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$, o binario se $x \mid \forall x_i \in \{0, 1\}$ (Abensur, 2018). Quindi, ci sarebbe l'ILP totale, quando tutte le variabili erano intere, e l'ILP misto, quando c'era coesistenza tra interi e reali ($x \in \mathbb{R}$ o $x \mid \forall x_i \in [0, \infty[$). La prima famiglia di problemi (PLI totale) potrebbe, genericamente, essere rappresentata come in (1), che per fenomeni complessi consentirebbe la risoluzione come con un modello di programmazione lineare, ma troncando (ignorando i valori decimali) il risultato ottimale. Tuttavia, questa procedura potrebbe fornire soluzioni irrealizzabili o lontane dal valore ottimale quando la complessità del fenomeno fosse inferiore (Lachtermacher, 2016).

$$\text{Ottimizzare: } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

Soggetto a restrizioni:

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{11}x_1 + a_{12}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ h_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{21}x_1 + a_{22}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \\ h_m(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_{m1}x_1 + a_{m2}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} (\geq) \\ (\leq) \\ (\dots) \\ (=) \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{array} \right\}$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathbb{Z}$$

Questa rappresentazione potrebbe essere adattata per determinare l'ubicazione delle istituzioni, quindi partendo dalla determinazione del tempo o della distanza possibile sarebbe possibile ottenere il numero minimo di unità per soddisfare una certa domanda (Marianov e ReVelle, 1994; ReVelle e Hogan, 1989; Pirkul e Schilling, 1989), che potrebbe avere una soluzione deterministica o probabilistica (Abensur, 2018). L'adattamento aumenterebbe la complessità combinatoria del modello, soprattutto perché il numero più piccolo di unità dovrebbe ridurre al minimo il costo totale della copertura, quindi la copertura dovrebbe essere la più elevata possibile. Quindi, considerando: n – numero di unità; d – distanza percorsa dal cliente esterno; D – distanza massima stabilita; x – posizione del candidato a ricevere l'unità, la rappresentanza sarebbe (Goldbarg e Luna, 2005):

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^N x_j$$

Soggetto a restrizioni:

$$\sum_{j=1}^N a_{ij}x_j \geq 1 \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad a_{ij} = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq D \\ 0, & d_{ij} > D \end{cases}$$

$$\forall j, x_j \in \{0, 1\} \quad x_j = \begin{cases} 1; & \text{se ricevi l'unità} \\ 0; & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Quando l'azienda dà priorità alla massima disponibilità rispetto alla massima copertura, la modellazione della posizione diventa stocastica, ovvero il modello indicherà l'unità, in modo probabilistico, con disponibilità di un servizio clienti esterno, quindi il problema verrà chiamato Posizione di massima disponibilità (ReVelle e Hogan, 1989). Quindi, J – insieme delle aree di ricerca; j – area di ricerca specifica, dove $j \in J$; I – Insieme di unità; i – unità determinata, dove $i \in I$; α – probabilità che l'unità sia disponibile; e F – tasso di occupazione del sistema, il modello sarebbe (Abensur, 2018):

$$\text{Min } Z = \sum_{j \in J} x_j$$

Soggetto a restrizioni:

$$\forall j, x_j \in \{0, 1\} \quad x_j = \begin{cases} 1; & \text{se ricevi l'unità} \\ 0; & \text{altrimenti} \end{cases}$$

$$\sum_{j \in J} x_j \geq b_i$$

$$b_i = \frac{\log(1 - \alpha)}{\log F - \log(\sum_{j \in J} x_j)}$$

Pertanto, l'ambito di applicazione del PLI sarebbe ampio e diversificato, in particolare attraverso modelli di localizzazione, come l'efficiente distribuzione di unità di allevamento di suini a Goiás (Lopes e Caixeta Filho, 2000) e l'agroindustria di spremitura della soia nel Mato Grosso (Oliveira e Santos, 2003), l'installazione di una scuola tecnica nella regione nord-orientale (Frej e Almeida, 2024), l'assegnazione di terreni per la pianificazione ambientale (Ferreira *et al.*, 2024), l'identificazione di posizioni per l'installazione di impianti di pirolisi (Pereira *et al.*, 2014), unità multi-capacità per l'e-commerce (Kloechner, 2023) e pozzi artesiani nella regione semiarida brasiliana (Nunes *et al.*, 2023).

In ambito sanitario, è stato utilizzato a Rio de Janeiro per scegliere le sedi delle unità perinatali (Espejo e Galvão, 2002), a Joinville (SC) per le unità sanitarie di base (Goudard, Oliveira e Gerente, 2015), a Minas Gerais per i centri di specializzazione medica (Sather, 2018), nelle unità di trattamento dei rifiuti dei servizi sanitari a San Paolo (Bartholomeu *et al.*, 2023) o negli ospedali da campo durante la pandemia di Covid-19 (Silva, 2020) e nei centri di cura durante l'epidemia di dengue (Arakaki, 2017). Quanto sopra ha supportato l'obiettivo di sviluppare un modello per l'ubicazione delle unità di educazione sportiva.

Metodologia

Il modello di localizzazione sviluppato dovrebbe dare priorità alla massima copertura per ciascuna unità. L'area di influenza dovrebbe essere quadrata, con l'installazione all'intersezione delle diagonali del quadrilatero. Il canone mensile può variare a seconda del profilo socioeconomico della località, tra 1 (basso) e 4 (alto). L'area del poligono dovrebbe essere inversamente proporzionale alla dimensione della popolazione e alla quota mensile. La variabile infrastruttura riceverebbe valori compresi tra 1 (adeguato) e 4 (eccellente). L'accesso sarebbe classificato come 1 (difficile), 2 (ragionevole) e 3 (facile), mentre la percezione della sicurezza nella regione sarebbe 1 (scarsa), 2 (ragionevole) e 3 (buona). Pertanto, l'area di copertura dovrebbe essere proporzionale ai valori di queste variabili e alla dimensione dell'unità fino al limite di 10,00 km².

L'esistenza di una barriera geografica era una variabile dicotomica, che assumeva il valore 1 per l'esistenza e 0 altrimenti. La prima possibilità implicherebbe un aumento del 15,00% della lunghezza della diagonale. I calcoli devono essere eseguiti sulla base della posizione geografica iniziale, ricavata direttamente da Google Maps per la città di Rio de Janeiro, evitando così sovrapposizioni di copertura. Il modello è stato implementato in Python 3.12.8.

Risultati e Discussione

La funzione obiettivo (2) ha cercato di determinare l'area di copertura (A) della posizione candidata per l'unità, considerando la popolazione (P) di interesse e le valutazioni di infrastruttura, sicurezza, accesso e dimensione raccolte in xi. In convergenza con l'ambito, l'idea di progettazione del modello è stata quella di massimizzare l'area di influenza dell'unità (Mas A), rispettando il processo decisionale organizzativo, essendo stato sviluppato con

l'osservazione dell'economia di mercato (Santos, 2024), che si basa sulla razionalità strumentale (Oliveira, 2024), e intesa come decentralizzata (Smith, 2017), cioè sulla libera iniziativa (Cardoso e Ribeiro, 2024; Furlaneto, Bagnoli e Ramos, 2024; Cunha e Martinazzo, 2024).

$$Mas A = \frac{P}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (2)$$

Soggetto a restrizioni:

$$x_i = \frac{Infrastruttura + Sicurezza + Accesso + Misurare}{Canone Mensile} \quad (3)$$

$$A = \begin{cases} 10000; A > 10000 \\ A; A \leq 10000 \end{cases} \quad (4)$$

$$Barriera = \begin{cases} 0; A = A \\ 1; A = 1,3225A \end{cases} \quad (5)$$

La proposta (2) ignorava il costo totale, contraddicendo le aspettative relative ai modelli di localizzazione, che sarebbero stati normalmente rappresentati da una funzione di costo, che coinvolgeva tutti i costi classificati come variabili e fissi a causa del modello di business (Oliveira e Santos, 2003). Ciò è dovuto al fatto che, in origine, questi modelli supportavano le decisioni industriali, tenendo conto della necessità di minimizzare i costi operativi e il trasporto delle materie prime e dei prodotti al mercato dei consumatori (Ferreira, 1989). Aspetti non coerenti con l'erogazione dei servizi, soprattutto nel formato franchising (Brito, Brito e Junior, 2021).

La Restrizione (3) rispetterebbe il requisito che l'area sia inversamente proporzionale al canone mensile e direttamente alle variabili contenute nel numeratore. Il ragionamento aziendale guida era che quanto migliori erano l'infrastruttura, la percezione della sicurezza e l'accesso alla sede, tanto più l'unità sarebbe stata attraente per attrarre iscrizioni, grazie alla facilità di ottenerle e all'idoneità per lo sviluppo (infrastruttura) e l'integrità generale (sicurezza) della persona iscritta. In linea di principio, per gli sport di squadra indoor, il rapporto tra spazio disponibile e clienti contemporanei sarebbe diretto, per cui le unità con più campi potrebbero ricevere contemporaneamente più interventi, compresi quelli rivolti a praticanti di diverse fasce d'età. Tutte le caratteristiche menzionate favorirebbero il

conseguimento di fatturato consentendo l'acquisizione di clienti esterni, pertanto la copertura dovrebbe essere potenziata.

In senso opposto, alla prima lettura, vi sarebbe l'influenza del Canone Mensile (3), ovvero più alto è il prezzo, minore è l'attrattiva, a causa della possibile difficoltà a onorare l'impegno. Tuttavia, l'importo addebitato di per sé non avrebbe una caratteristica determinante, ma tenderebbe verso la caratteristica dell'immagine del prezzo (Zielke e Toporowski, 2012), che influenzerebbe la decisione di acquisto e non sarebbe direttamente osservabile (variabile latente) e formata dalle dimensioni funzionali (utilità percepita), emozionali (promozione delle emozioni desiderate), valore percepito (costo-beneficio) e livello dei prezzi (percezione di alto/basso) (Panizzon et al., 2013).

Estrapolando l'idea, il prezzo addebitato per la quota mensile potrebbe essere stabilito in base ai costi, che potrebbero compensare i cambiamenti nella funzione obiettivo, nel mercato o nella combinazione di questi domini (Malaquias, Castro e Teixeira, 2011). Pertanto, comprendere le ragioni della scelta del cliente esterno determinerebbe la disponibilità dell'unità sportiva, basandola sul marketing relazionale (Oliveira *et al.*, 2009), che favorirebbe la fidelizzazione. In definitiva, una comprensione dettagliata del processo decisionale di acquisto sarebbe necessaria e sufficiente per abbinare la relazione tra le variabili di cui sopra e la copertura desiderata. Di conseguenza, si potrebbe elaborare una tabella con intervalli di prezzo, ciascuno corrispondente a un certo fattore di prezzo costante. Ciò detto, la restrizione (3) potrebbe essere riscritta come, ad esempio:

$$x_i = \frac{\text{Infrastruttura} + \text{Sicurezza} + \text{Accesso} + \text{Misurare}}{4} \quad (3.1)$$

$$\text{Canone Mensile} = \frac{\text{Fattore Prezzo}}{A} \quad (3.2)$$

Considerato il limite di 10,00 km² è stata istituita la Restrizione (4). Anche in questo caso l'imposizione si basava sulla percezione della corrispondenza con la pianificazione strategica e la visione aziendale, rappresentando un quadrato con Lato = 3,16 km (Diagonale = 4,47 km). Il limite massimo sarebbe importante per attrarre nuovi entranti (Miura, 2022; Lima, 2011), per il posizionamento del marchio (Mittmann e Monteiro, 2015; Raslam, 2014; Telles e Queiroz, 2013) e per la pianificazione delle unità (Orlando e Nassif, 2017; Fré, 2012; Agostini, 2009), tra gli altri aspetti.

In base alle considerazioni presentate, l'area consentirebbe la coesistenza di altre unità, anche contigue, a patto che l'insediamento di scuole fosse bilanciato dalla domanda (popolazione di interesse nella regione), dalle condizioni ambientali (barriera geografica) e culturali e dalle analisi di fattibilità, redditività e rischio (Silva *et al.*, 2019). Ogni dominio menzionato dovrebbe essere monitorato per adattare il sistema di controllo delle unità, consentendo il flusso di informazioni tra di loro (Lima, Mendes e Santos, 2020), soprattutto a causa dell'associazione con la Restrizione (3). Alla luce del cliente interno, potrebbe esserci una preferenza per il lavoro in diverse unità, così come lo scambio o il prestito di conseguenze tecnologiche (Martins *et al.*, 2021), purché ciò sia previsto nel modello aziendale.

Un ragionamento analogo, ma in direzione opposta, avrebbe potuto essere utilizzato per stabilire l'area di copertura minima delle unità, perché, senza di essa, si sarebbero potuti verificare impatti negativi sull'insieme delle variabili evidenziate (Lima, Mendes e Santos, 2020). Quindi, a titolo illustrativo, se il limite inferiore fosse $A = 1,00 \text{ km}^2$ (Lato = 1,00 km; Diagonale = 1,41 km), il Restrizione (4) verrebbe riscritto come:

$$A = \left\{ \begin{array}{l} 10000; A > 10000 \\ A; 1000 \leq A \leq 10000 \\ 1000; A < 1000 \end{array} \right\} \quad (4')$$

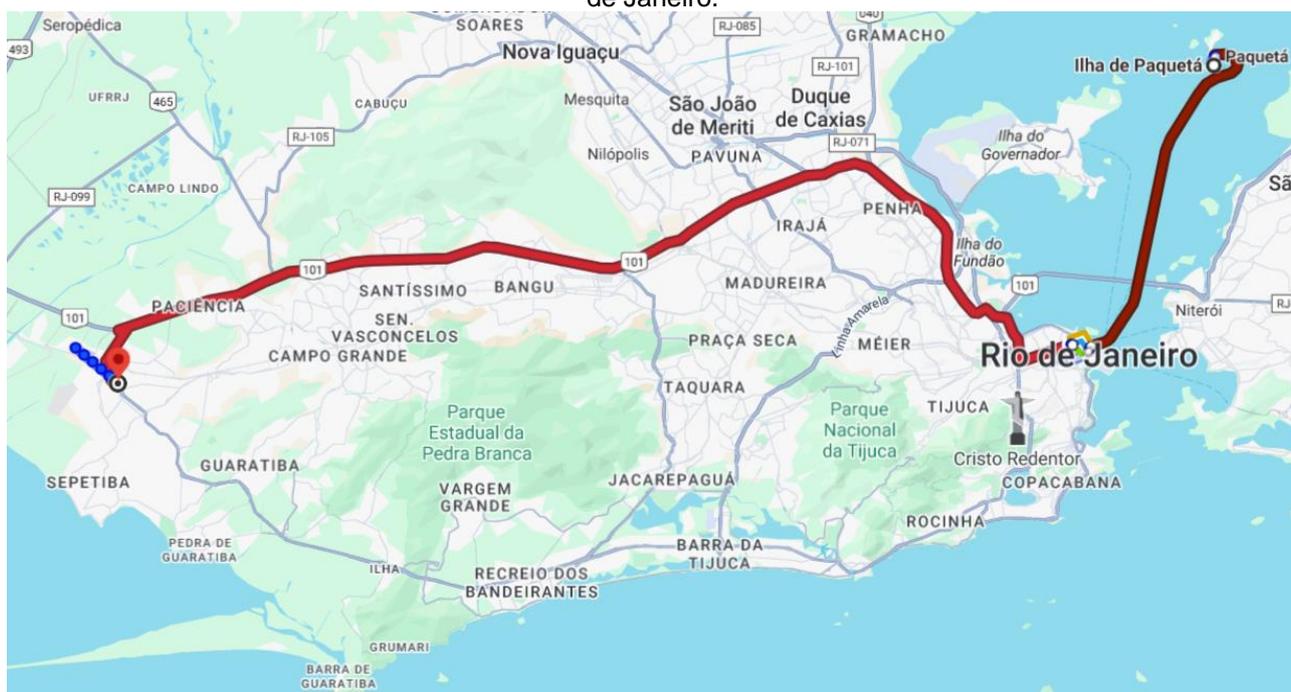
La Restrizione (5) contemplava l'obbligo di aumentare la diagonale del quadrato del 15,00%, in presenza di qualsiasi barriera geografica intesa come ostacolo o difficoltà alla comunicazione, al commercio, alla socializzazione o ad un altro aspetto della vita contemporanea (Santos, Silva e Malheiros, 2023) che il luogo potesse presentare, ad esempio, corso d'acqua, mare, montagna e foresta. Vale la pena sottolineare la conseguenza geometrica di questa restrizione, poiché l'incremento fisso (1,15) equivarrebbe ad aumentare l'area del 32,25% ($1,3225 = 1,15^2$). Forse la possibile debolezza risiederebbe nel fatto di farlo in entrambe le direzioni della diagonale, quando potrebbe avvenire solo sul lato opposto a quello in cui si verifica la Barriera, compensandone così completamente la posizione. Nella forma originariamente proposta, ovvero la crescita in tutti i sensi cartesiani, parte della compensazione verrebbe annullata dall'espansione interna della Barriera.

Successivamente è stato sviluppato il modello di localizzazione di massima disponibilità, considerando l'esistenza simulata di 15 unità e la selezione obbligatoria di

almeno una di esse. Matematicamente, la rappresentazione quindi $\forall i \in I = \{1, 2, \dots, 15\}$. Inoltre, si dovrebbe considerare la geodesia, cioè la distanza più breve tra due punti qualsiasi (Blitzkow *et al.*, 2011), da percorrere dal praticante, organizzata in intervalli di 2,00 km, iniziando da zero e terminando a 10,00 km, quindi $\forall j \in J = \{2, 4, 6, 8, 10\}$. Ciò rappresenterebbe classi di distanza fino a 2,00 km, da 2,00 a 4,00 km; da 4,00 a 6,00 km; da 6,00 a 8,00 km; e da 8,00 a 10 km, utilizzando il limite superiore per stabilire la restrizione.

Questa condizione impedirebbe che un'unità con una distanza geografica inadeguata venga indicata al cliente esterno; ad esempio, a un residente dell'isola di Paquetá (Ilha de Paquetá) verrebbe indicata un'unità installata a Santa Cruz, con il cliente esterno costretto a percorrere circa 90,00 km (61,30 km lineari), che coprirebbe in 3,00 h o 4,00 h, utilizzando i trasporti pubblici durante una determinata settimana comune (Figura 1).

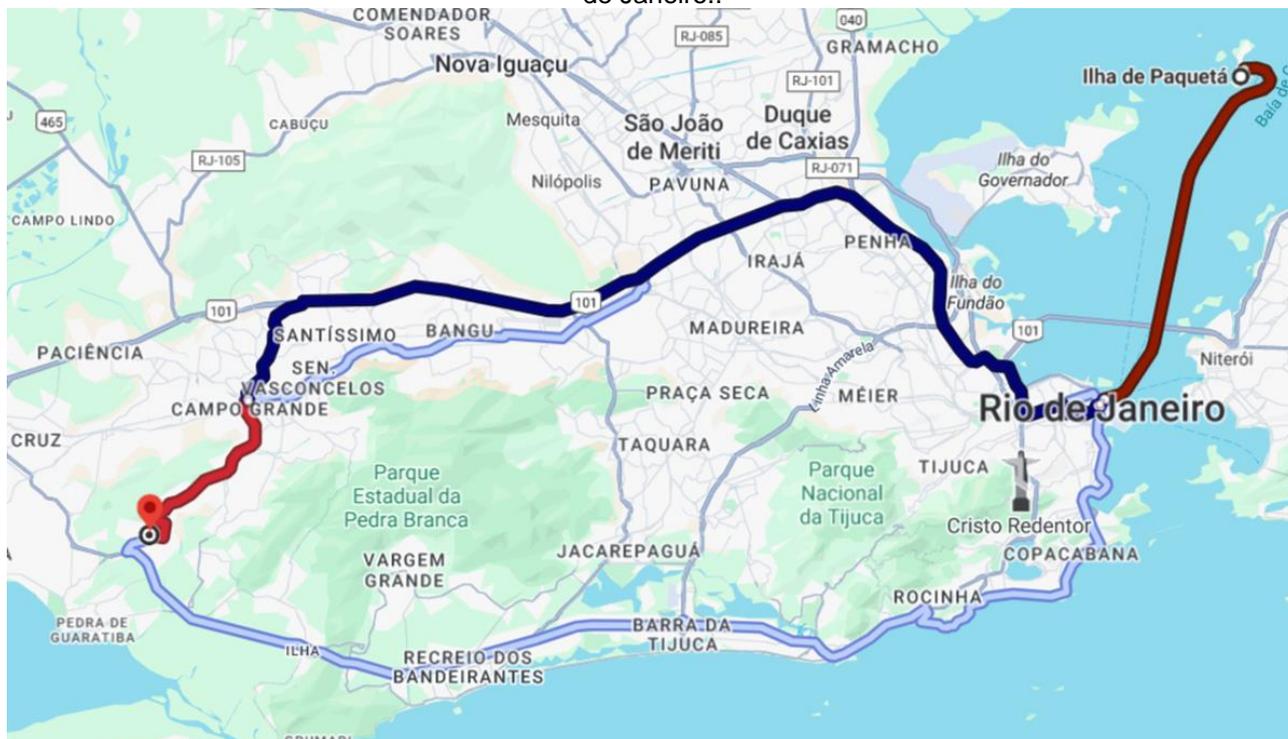
Figura 1: Illustrazione della traiettoria tra Santa Cruz e l'isola di Paquetá (Ilha de Paquetá), comune di Rio de Janeiro.



Fonte: Mappe di Google.

Un'altra conseguenza rilevante sarebbe quella di evitare distorsioni nelle misurazioni, dato che la distanza lineare (cartesiana) tra l'isola di Paquetá (Ilha de Paquetá) e Guaratiba sarebbe di circa 55,87 km, quindi, in linea di principio, più interessante che essere inviata a Santa Cruz. Tuttavia, in condizioni simili, la geodesia sarebbe di circa 95,00 km, richiedendo 4,00 h o 4,50 h (Figura 2).

Figura 2: Illustrazione della traiettoria tra Santa Cruz e l'isola di Paquetá (Ilha de Paquetá), comune di Rio de Janeiro..



Fonte: Mappe di Google.

È possibile supporre che la migliore corrispondenza si otterrebbe con la brachistocrona, concettualmente la traiettoria percorsa nell'intervallo di tempo più breve (De Andrade e Ferreira Filho, 2015). Tuttavia, pragmaticamente, la determinazione di questa cicloide dipenderebbe dall'orario di circolazione del cliente, dai giorni della settimana e del mese e dal mezzo di trasporto, soprattutto considerando che i mezzi pubblici avrebbero le loro rispettive traiettorie stabilite, con poche (trasporto su strada) o nessuna (altri) possibilità di adattamento alle circostanze. Inoltre, la brachistocrona non si impegnerebbe a garantire la sicurezza dell'individuo, richiedendo eventualmente la creazione di restrizioni legate al pericolo e al rischio di ogni potenziale traiettoria, senza trascurare gli aspetti sopra menzionati. Chiarire che il pericolo sarebbe la condizione potenzialmente favorevole o che causa lesioni o morte, mentre il rischio sarebbe la probabilità che si verificano lesioni o morte (Sanders e McCormick, 1993).

Un'ulteriore restrizione imponeva che il tasso di occupazione di ogni scuola dovesse considerare fasce di età (Z), a partire dai sei anni fino ai 18 anni, con un intervallo di due unità, di conseguenza le classi generate erano $[6,00; 8,00[$; $[8,00; 10,00[$; $[10,00; 12,00[$; $[12,00; 14,00[$; $[14,00; 16,00[$; e $[16,00; 18,00]$, $\forall z \in Z = \{8, 10, 12, 14, 16, 18\}$. Presumibilmente, l'obiettivo era quello di adattare la disponibilità di posti vacanti

all'intervento necessario, in ragione della maturità cronologica, variabile facilmente identificabile, seminando attenzione sulla esperienza del cliente (*customer experience*), un insieme di percezioni che il consumatore acquisisce quando interagisce con l'Organizzazione (Mesquita, 2023; Bianchini *et al.*, 2021; Tischeler *et al.*, 2012).

La funzione obiettivo (1a) massimizzerebbe la disponibilità, perché dovrebbe essere maggiore o uguale al vincolo di disponibilità (2a). A tal fine, inizialmente, è stato stimato ogni Tasso di Occupazione (T_{iz}) di una data unità (i) per la fascia di età di interesse (z), considerando il rapporto tra il numero di immatricolazioni ed il numero totale di posti vacanti (3a), da questa stima è stato ottenuto per probabilità complementare (4a) il rispettivo Tasso di Disponibilità (D_{iz}).

$$\text{Min } Z = \sum_{j \in J} x_j \quad (1a)$$

Soggetto a restrizioni:

$$\sum_{j \in J} x_j \geq D_{iz} \quad (4a)$$

$$T_{iz} = \frac{\text{Registrazioni}_{iz}}{\text{Posti Vacanti}_{iz}} \quad (3a)$$

$$D_{iz} = 1 - T_{iz} \quad (4a)$$

La Restrizione (3a) potrebbe essere dettagliata tenendo conto del tempo, privilegiando l'esperienza del cliente esterno, dato che solo l'unità e la fascia di età non garantirebbero la corrispondenza all'esigenza, soprattutto sapendo che ci sarebbe bisogno che il professionista fosse accompagnato dal responsabile. Se il potenziale iscritto ha l'età adatta, l'iscrizione e la frequenza dipenderanno dalla programmazione, senza sovrapposizioni o incongruenze con impegni esistenti, ad esempio l'orario scolastico.

Un'ulteriore precisazione alla restrizione in esame risiederebbe, in considerazione della pratica di sport collettivi, nell'evocazione della posizione tattica dell'interessato. Poiché, a seconda dell'esperienza nello sport, l'obiettivo dell'iscrizione era quello di potenziare i

corrispondenti sviluppi tecnici, tattici e fisici, il che avrebbe richiesto un'opportunità soddisfacente di partecipare a sessioni di allenamento che simulassero partite o situazioni di gioco. Ciò potrebbe diventare cronologicamente irrealizzabile a seconda del numero di individui che svolgono una funzione simile. Ad esempio, se la modalità della scuola fosse la pallavolo, in una data unità, in un certo momento e nella fascia d'età compresa tra i 16 e i 18 anni, ci sarebbero 10 individui per la posizione di libero. Ci sarebbe un'alta probabilità che non ci sarebbe abbastanza tempo per tutti per partecipare all'allenamento di gioco, il che ridurrebbe inequivocabilmente lo sviluppo dei giocatori. Secondo l'analisi aziendale, una situazione del genere comporterebbe il ritiro a causa dell'annullamento o del mancato rinnovo della registrazione. Ciò, nel dominio del tempo, tenderebbe a renderlo (un'attività) non redditizia a causa della percezione negativa del valore.

Considerazioni Finali

Lo scopo di questa ricerca era quello di elaborare un modello di localizzazione per le unità di formazione sportiva per massimizzarne la copertura, obiettivo che è stato raggiunto. Inoltre è stato ottenuto il modello di localizzazione della massima disponibilità, che si è dimostrato applicabile anche in termini di fornitura di soluzioni corrispondenti ai vincoli stabiliti. Si è concluso che l'obiettivo è stato raggiunto in modo soddisfacente.

Si raccomanda che studi futuri prendano in considerazione l'aggiunta di restrizioni pertinenti alla posizione dell'iscritto. La complessità del modello di massima disponibilità dovrebbe tenere conto della possibilità che parenti di diverse fasce d'età richiedano la pratica nello stesso momento e in un'unità comune. Infine, testare entrambi i modelli utilizzando la brachistocrona come traiettoria desiderata.

Riferimenti

ABENSUR, EO. **Pesquisa operacional para cursos de Engenharia de Produção**. São Paulo: Blucher, 2018.

AGOSTINI, LV. **Utilização do marketing esportivo com a finalidade de aumentar o número de sócios do Grêmio Foot-Ball Porto Alegre**. Monografia (Bacharelado em Administração) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas. Centro Universitário de Brasília, Brasília (DF), 2009.

ARAKAKI, AN. **Localização de centros de saúde para o atendimento de epidemias: o caso dengue**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira (SP), 2017.

BARTHOLOMEU, DB *et al.* Modelagem matemática para localização de unidades de tratamento de resíduos de serviços de saúde: uma aplicação no interior do estado de São Paulo. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 6, n. 1, p. 81–109, 2013.

BIANCHINI, G *et al.* Cultura de inovação através de práticas de experiência do cliente. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 12, e359101220534, 2021.

BLITZKOW, D *et al.* O conceito atual dos referenciais usados em geodésia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, n. 5, p. 633-648, 2011.

BRITO, DF; BRITO, Y; JUNIOR, HSN. Franquias de escolas de futebol e a Lei 13.966/2019. In: BELLINI, HMM. (Org.). **Direito & Futebol**. São Paulo: Cartola, 2021, v. 3, p. 125-136.

CARDOSO, LGL; RIBEIRO, JQW. A justiça social como critério indispensável ao equilíbrio no jogo tenso entre intervenção estatal, livre iniciativa e o universo concorrencial. **Revista da AJURIS**, v. 51, n. 156, p. 333–356, 2024.

CUNHA, CLD; MARTINAZZO, WMP. Repercussões da economia ambiental necoclássica e ecológica no direito do consumidor. **Revista Digital Constituição e Garantia de Direitos**, v. 17, n. 1, p. 29-50, 2024.

DE ANDRADE, MA; FERREIRA FILHO, LG. Uma abordagem geométrica ao problema da braquistócrona. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 2309-1-2309-6, 2015.

ESPEJO, LGA; GALVÃO, RD. Um modelo de localização hierárquico capacitado. **Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro De Pesquisa Operacional**, 2002.

FERREIRA, CMC. **As teorias da localização e a organização espacial da economia**. In: HADDAD, PR. (Org.). Economia regional: teorias e métodos de análise. Fortaleza (CE): BNB/ETENE, 1989.

FERREIRA, MS *et al.* SOTER-PA 2.0: a computational system for fair land allocation and environmental planning. **Pesquisa Operacional**, v. 44, e286105, 2024.

FRÉ, EP. **Gestão: fluxo de alunos em uma escola de ginástica infantil**. Monografia (Graduação em Educação Física) – Escola de Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS), 2012.

FREJ, EA; ALMEIDA, AT. Building a multicriteria decision model for solving a technical school location problem with the fitradeoff method. **Pesquisa Operacional**, v. 44, e281096, 2024.

FURLANETO, F; BAGNOLI, V; RAMOS, PPB. Liberdade econômica e valorização do trabalho: entre o paradigma da flexibilização e os ditames da justiça social. **Revista da AGU**, v. 23, n. 01, p. 121-140, 2024.

GOLDBAR, MC; LUNA, HPL. **Otimização combinatória e programação linear**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GOUDARD, B; OLIVEIRA, FH; GERENTE, J. Avaliação de modelos de localização para análise da distribuição espacial de unidades básicas de saúde. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 1, p. 15-34, 2015.

KLOECKNER, NVR. Modelo de localização e alocação de produtos de e-commerce: um estudo de caso. **Exacta**, v. 21, n. 2, p. 479–502, 2023.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel®**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LIMA, JL. O planejamento estratégico como ferramenta de gestão. Um estudo de caso em uma academia de ginástica em vila velha, espírito santo–BR. **Revista Intercontinental de Gestão Desportiva**, v. 1, n. 2, p. 97-110, 2011.

LIMA, MF; MENDES, FB; SANTOS, LL. A complementaridade entre capacidade de adaptação e capacidades dinâmicas. **International Journal of Professional Business Review**, v. 5, n. 1, p. 86-104, 2020.

LOPES, RL; CAIXETA FILHO, JV. Suinocultura no estado de Goiás: Aplicação de um modelo de localização. **Pesquisa Operacional**, v. 20, n. 2, p. 213-232, 2000.

MALAQUIAS, RF; CASTRO, VA; TEIXEIRA, TRBA. Impacto da gestão de custos na formação do preço de venda: o caso de uma Clínica Dermatológica. **ABCustos: Associação Brasileira de Custos**, v. 6, n. 1, p. 90-111, 2011.

MARIANOV, V; REVELLE, C. The queuing probabilistic location set covering problem and some extensions. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 28, n. 3, p. 167-178, 1994.

MARTINS, NW et al. Benefícios da tecnologia cloud (nuvem) para virtualização de serviços: um estudo para a ferramenta ideiaaware. **TECNO-LÓGICA**, v. 25, n. 2, p. 236-242, 2021.

MESQUITA, EM. **A importância da gestão do front office na experiência do cliente e desenvolvimento do negócio**. Tese (Doutorado em Ciências Empresariais) - Escola Superior Politécnico Setúbal. Setúbal (Portugal), 2023.

MITTMANN, AC; MONTEIRO, DE. Análise da relação sustentabilidade e posicionamento de marca corporativa e sua criação de valor. **Revista da FAE**, v. 18, n. 2, p. 38-53, 2015.

MIURA, BM. **Reestruturação organizacional e reconstrução da identidade**: um estudo de caso em uma academia de judô. Monografia (Especialização em Gestão Empresarial de Negócios) – Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte (MG), 2022.

NUNES, DRC *et al.* Proposta de um modelo de localização de poços artesianos para o atendimento à população afetada por secas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 20, e10, 2023.

OLIVEIRA, EG *et al.* Marketing de serviços: relacionamento com o cliente e estratégias para a fidelização. **Revista de Administração da Fatea**, v. 2, n. 2, p. 79-93, 2009.

OLIVEIRA, NM; SANTOS, HN. Agroindústria no estado de Mato Grosso: aplicação de um modelo de localização. **Revista Brasileira de Agroinformática**, v. 5, n. 2, p. 102-113, 2003.

OLIVEIRA, TM. **A relação entre a razão instrumental e a dominação nos escritos de Max Horkheimer**. Dissertação (Mestrado em Educação, Arte e História da Cultura) – Programa de Pós-graduação em Educação, Arte e História da Cultura. Centro de Educação, Filosofia e Teologia. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2024.

ORLANDO, SS; NASSIF, VM. A influência das arenas esportivas na criação e sobrevivência de micro e pequenos negócios. **Gestão & Regionalidade**, v. 33, n. 98, p. 20-35, 2017.

PANIZZON, M *et al.* A percepção da imagem de preço em serviços: um estudo de abordagem quantitativa sobre os cursos de lato sensu de uma universidade. **REAd – Revista Eletrônica de Administração**, v. 76, n. 3, p. 646-674, 2013.

PEREIRA, RCA *et al.* Modelo de localização hierárquica de usinas de pirólise. **Anais do Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha-Publicação Online**, v. 1, n. 1, p. 582-593, 2014.

PIRKUL, H; SCHILLING, D. The capacitated maximal covering location problem with backup service. **Annals Operations Research**, v. 18, p. 141-154, 1989.

RASLAN, EMS. Posicionamento, identidade e visibilidade da marca. **Rizoma**, v. 2, n. 1, p. 136-151, 2014.

REVELLE, C; HOGAN, K. The maximum availability location problem. **Transportation Science**, v. 23, n. 3, p. 192-200, 1989.

SANDERS, MS; McCORMICK, EJ. Human error, accidents, and safety. In: SANDERS, MS; McCORMICK, EJ. **Human factors in engineering and design**. New York (USA): McGraw-Hill, 1993. p. 655 - 695.

SANTOS, FP. Sistema-mundo moderno, economia de mercado e formação do Brasil contemporâneo. **Economia e Sociedade**, v. 33, n. 2(81), e251714, 2024.

SANTOS, OAA; SILVA, KSN; MALHEIROS, J (Org). **Geografia urbana: revisitando conceitos e temas**. Lisboa (Portugal): CEG-IGOT-ULisboa; Recife (PE): UFRPE, 2023.

SATHLER, TM. **Um modelo matemático de localização de facilidades e alocação de equipamentos na saúde pública**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte (MG), 2018.

SILVA, AAB. **Modelo de otimização para localização de hospitais de campanha para COVID-19**. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020.

SILVA, PB *et al.* Implantação de sistemas de compartilhamento de bicicletas no contexto brasileiro: aspectos norteadores. **Revista Multi-Ciência**, v. 2, n. 2, p. 55–59, 2019.

SMITH, A. **A riqueza das nações**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2017.

TELLES, R; QUEIROZ, MM. Posicionamento de marca: uma perspectiva da evolução do conceito. **Revista Científica Hermes**, n. 8, p. 187-207, 2013.

TISCHELER, AM *et al.* Marketing de relacionamento: gestão de experiência do cliente. **Revista De Administração**, v. 10, n. 17, p. 90–101, 2012.

ZIELKE, S; TOPOROWSKI, W. Negative price-image effects of appealing store architecture: Do they really exist? **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 19, n. 5, p. 510-518, 2012.