

# A matemática da logística portuária

Estudo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo usou modelos computadorizados para melhorar escoamento de fertilizantes

MATHEUS TAGÉ - 23/6/22

ANDERSON FIRMINO  
DA REDAÇÃO

Melhorar a logística portuária é um desafio constante para quem trabalha no setor. Pois estudo realizado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), em conjunto com a Fundação Vanzolini, trouxe a matemática para otimizar o escoamento de fertilizantes no Porto de Santos.

Segundo o professor do Departamento de Engenharia de Produção da Poli-USP, Daniel de Oliveira Mota, um computador faz vários sorteios e contas para replicar o que acontece na vida real, levando em conta todos os gargalos na cadeia logística. Com isso, ele chegou a resultados – que incluem restrições na movimentação – para que o processo flua de forma mais eficiente possível.

“O objetivo é atender o maior volume de fertilizante ao longo de um ano. Esse modelo estará sujeito a restrições. Por exemplo: não atender mais que um trem a cada dois dias; o trem só pode descarregar a uma taxa de 200 toneladas por hora; ou a armazenagem do material desse vagão não pode superar a capacidade de 50 mil toneladas. Então, a gente vai colocando restrições, por meio de constantes ou equações, para que, no final, quando execute o modelo, ele dê um resultado que faça sentido”.

O modelo batizado como modelo “estocástico-numérico” se utiliza de estatísticas e dados históricos. “Não preciso de uma maquete de trem, que leve duas horas para descarregar, se tenho uma variável que contabiliza o tempo e sinaliza que vai demorar duas horas para descarregar. É o que chama-



Levantamento durou quatro meses analisando a região de Outeirinhos, no Porto de Santos. A pesquisa elaborou cálculos que fossem compatíveis com a realidade na área

mos de validação, ou seja, o que acontece no modelo reflete o que acontece de fato”.

## COMO FOI

O professor comandou um levantamento que levou quatro meses, entre janeiro e abril de 2023, analisando a região de Outeirinhos, no Porto de Santos. A pesquisa elaborou cálculos que, mediante alguns parâmetros e restrições, fossem compatíveis com a realidade de operações na área.

“Existe um desafio logístico muito grande, porque o trem ferroviário passando dentro de um terminal, para des-

## NÚMEROS

No balanço de movimentação no Porto de Santos em fevereiro deste ano, o fertilizante se sobressaiu dentre as cargas de importação, atingindo 693,2 mil toneladas no mês (16,1% mais do que o mesmo mês de 2023) e 1,5 milhão de toneladas no ano (+22,8%). Em 2023, foram movimentadas 9 milhões de toneladas do produto.

carregar em outro terminal, bloqueando caminho e passagem eventual de pedestres. Ao mesmo tempo, uma fila de caminhões. No mo-

mento em que o trem passa, o caminhão precisa esperar, e isso gera perda de produtividade. Então, há toda uma rede de restrições que a gente precisou modelar, sob o ponto de vista matemático”, afirma Mota.

Segundo ele, foram feitos modelos, estatísticas, equações e simulações para entender como funciona essa operação, levando em conta o não-prejuízo de outros players. “Envolveu entre seis e oito pessoas, o que, para um trabalho intensivo desses, é uma equipe grande. Foram profissionais em formação e outros mais ex-

perientes, o que ajudou bastante. Os modelos que a gente trabalha são modelos que estão na categoria dos modelos matemáticos numéricos, ou seja, são simulações”, descreve.

## TRABALHO CONJUNTO

Daniel Mota ressalta que os resultados completos do trabalho estarão acessíveis para consulta pública em breve. Ele ressalta, ainda, um aspecto importante: o entendimento de que as empresas que atuam na área podem trabalhar juntas, com melhorias logísticas que atendam a todas elas.

“A região de Outeirinhos aguenta mais um produto? O que a gente percebeu com o modelo, mesmo sujeito a uma série de condicionantes, é que sim. Se tiver um padrão de operação (entre as empresas), não interfere tanto. Não interferindo, se consegue operar de maneira sinérgica. Fica a lição de que essas empresas têm que conversar mais. Embora na ponta da cadeia de suprimentos sejam competidores, da porta para dentro, são sujeitas às mesmas restrições”, complementa.