



Modelagem logística aplicada ao extrativismo do pequi



Alex Said Flávio da Fonseca

alexsaidflavio@yahoo.com.br
Instituto Federal do Norte de Minas, Brasil.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2861-5977>

Narciso Ferreira dos Santos Neto

narciso.ferreira@unimontes.br
Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Departamento de Administração, Brasil.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1742-3515>

João Batista Mendes

joao.mendes@unimontes.br
Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Departamento de Ciências da Computação, Brasil.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3976-3158>

Recibido: 7 de diciembre de 2020. Aceptado: 20 de julio de 2021.

RESUMO

O pequi exerce um importante papel econômico e social no extrativismo norte mineiro, sendo explorado de forma ambientalmente sustentável. O seu valor socioeconômico pode ser observado da coleta ao consumo, sendo considerado, por isso, o ouro do cerrado, fonte de renda para inúmeras famílias. No entanto, identifica-se como um dos problemas da cadeia de extração do fruto a falta de logística para o escoamento da produção, o que gera um elevado custo e compromete a lucratividade dos extrativistas. Assim, o presente trabalho propõe uma logística de transporte para a exploração do pequi no Norte de Minas a partir da criação de uma modelagem no município de Japonvar/MG. Para o trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica, visitas *in loco*, observação sistemática e tratamento das informações coletadas nas plataformas ArcGIS e TransCAD. A modelagem foi desenvolvida utilizando o Sistema de Informação Geográfico-SIG, que permitiu o mapeamento das áreas produtoras do município, a criação de facilidades para escoamento do fruto e o roteamento dos veículos com foco na minimização dos custos com o transporte. Como resultado, obtiveram-se as facilidades, a qualificação das vias de acesso às áreas produtoras e a roteirização dos veículos para a coleta.

Palavras-chave: Facilidades. Logística. Extrativismo. Pequi. Roteirização de veículos.

Modeling logistics applied to extraction of pequi

ABSTRACT

Pequi plays an important economic and social role in extractivism in northern Minas Gerais, being exploited in an environmentally sustainable way. Its socioeconomic value can be observed from the collection to consumption, being considered, therefore, the gold of the cerrado, a source of income for countless families. However, one of the problems in the fruit extraction chain is the lack of logistics for the flow of production, which generates a high cost and compromises the profitability of extractivists. Thus, this work proposes a transport logistics for the exploration of pequi in the North of Minas from the creation of a model in the city of Japonvar/MG. For the work, a literature review, on-site visits, systematic observation and treatment of information collected on ArcGIS and TransCAD platforms were carried out. The modeling was developed using the Geographic Information System-GIS, which allowed for the mapping of the municipality's producing areas, the creation of facilities for the flow of the fruit and the routing of vehicles with a focus on minimizing transport costs. As a result, facilities were obtained, the qualification of access roads to the production areas and the routing of vehicles for collection.

Keywords: *Facilities. Logistics. Extractivism. Pequi. Vehicle routing.*

Palabras clave: *Instalaciones. Logística. Extractivismo. Pequi Enrutamiento de vehículos.*

INTRODUÇÃO

Os frutos do cerrado têm despertado o interesse da indústria e de pesquisadores pelos inúmeros benefícios e vantagens econômicas que apresentam. O pequi, especificamente, é utilizado na indústria alimentícia e farmacêutica, mas ainda precisa de um estudo mais detalhado da gestão dessa espécie (Zardo, 2008).

O pequizeiro é uma árvore que pode atingir até dez metros de altura. A copa é espalhada e o fruto, comestível, é do tipo drupáceo de casca fina verde-acinzentada com polpa de coloração amarelada e alaranjada (Carvalho, 2008).

O fruto pode ser regionalmente conhecido como piqui, pequi, pequiá, amêndoa-de-espino, grão-de-cavalo, pequiá-pedra, pequerim, suari e piquiá e encontra-se distribuído em regiões como os estados do Pará, Piauí, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Bahia, Minas Gerais, Ceará, Tocantins, Rio de Janeiro e São Paulo. Considerada árvore símbolo do cerrado, também é encontrada nas savanas que se estendem da Costa Rica ao Paraguai (Santos *et al.*, 2004).

O pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) é explorado, predominantemente, de forma extrativista, e tem seu fruto muito valorizado (Oliveira, 2009). Considerado símbolo do cerrado brasileiro, exerce um importante papel econômico e social na vida de inúmeras famílias que têm, na extração do fruto, uma oportunidade de melhorar a renda doméstica.

No período de safra, algumas famílias abandonam as atividades agrícolas e se dedicam apenas à exploração do pequi como única atividade familiar produtiva. No entanto, a falta de incentivo para a extração e a comercialização do produto tem provocado o desmatamento ilegal, o que prejudica atividades extrativistas.

A safra do pequi, fruto do pequizeiro, ocorre entre os meses de outubro e janeiro, mas pode sofrer variações de acordo com a região. Nesse período, há uma intensa comercialização desse fruto, mas também uma grande perda da produção em decorrência de sistemas ineficientes de transporte e armazenamento.

A exploração da espécie pequizeira é uma prática ambientalmente sustentável (Oliveira, 2010) que gera emprego e renda para inúmeras famílias do norte de Minas. A garantia da preservação da espécie é motivada pela exploração do fruto nos anos seguintes, gerando sempre renda e emprego.

O Brasil produziu 5.000 toneladas de amêndoas de pequi em 2006, sendo 22,34% dessa produção proveniente do norte de Minas. Em 2016, a produção aumentou para 17.305 toneladas sendo que a produção de pequi do norte de Minas passou a corresponder nesse mesmo período, a 71,59% da produção nacional. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016). Os dados divulgados comprovam o potencial de exploração e a importância econômica da extração desta amêndoa para a região.

Entretanto, a região não possui uma infraestrutura adequada para facilitar o escoamento dessa extração para além das fronteiras regionais. De acordo com Frederico (2009), às diversas regiões do norte mineiro de extração do pequi apresentam uma infraestrutura urbana e de transporte precárias, sendo esse um dos gargalos que comprometem a otimização do processo extrativista.

A cadeia produtiva do pequi *in natura* é dividida em quatro fases: coleta, transporte, comercialização e consumo. Na fase da coleta, os frutos são recolhidos após caírem da árvore. Conforme relato dos coletores, se o pequi for derrubado, compromete a safra seguinte, pois a árvore não produzirá naquele ponto específico onde o pequi foi derrubado. Na etapa do transporte, os pequis, após serem recolhidos, são reunidos e ensacados ou colocados em caixas de madeira e/ou plástico para serem levados aos pontos de coleta.

Contudo, percebe-se de acordo com a pesquisa que sem uma logística adequada, esses catadores precisam percorrer grandes áreas para que o pequi possa ser levado até a cidade, onde os caminhões fazem a coleta.

De acordo com Ballou (2006) o processo da logística é uma forma de controle eficaz que permite que o produto saia do ponto de origem e chegue ao local de destino de maneira rápida e econômica pela adoção dos melhores caminhos. Nessa fase, surgem os chamados “atravessadores”, que compram o pequi dos catadores e fazem seu transporte, utilizando principalmente caminhonetes e caminhões, até as cidades onde serão revendidos para feirantes, cooperativas e comércios em geral. Desse modo, o que seria uma produção sem custo, acarreta uma despesa para os coletores, que precisam pagar pelo transporte do pequi.

Segundo Silva (2011), os extrativistas locais denunciam que os compradores cobram taxas no transporte do pequi daqueles que não têm condições de levar até o local onde os caminhões são carregados. Além disso, ainda exigem o enchimento das caixas acima do limite da borda, o que ocasiona prejuízo aos coletores:

Nós compramos umas coisas para usar aqui, na época a gente compra roupa (...). Mas esses que compram [o pequi] de nós, eles compram é D-20, faz casa, compra carro depois que termina, carro novo. A gente que panha na cacunda e o lucro é pra eles. (...) Você traz o pequi no maior sofrimento, aí chega aqui e dá o pequi de graça pra eles. Todo mundo aqui faz de tudo pra comprar uma caminhonete, pra na hora do pequi eles ganharem dinheiro na cacunda dos catadores. (Silva, 2011:158).

Esse fato demonstra uma prática abusiva por falta de estrutura local e justifica a necessidade da criação de nós, ou seja, pontos de confluência entre as vias de circulação, que servirão como ponto estratégico para a venda do pequi.

De uma forma geral, o problema identificado na extração do pequi nos municípios é a falta de estrutura e de logística no escoamento da produção. O elevado valor do combustível é uma realidade que compromete a lucratividade dos extrativistas, pois aumenta, de forma significativa, o custo na comercialização.

Assim, a modelagem a ser desenvolvida no trabalho servirá de base para implementação em municípios com a mesma problemática. Essa modelagem baseia-se em definir facilidades para o armazenamento temporário do pequi coletado, bem como pontos estratégicos (nós) para recolhimento, e desenvolvimento de uma roteirização de veículos.

Essas facilidades serão definidas pelo método GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures) por meio do software TransCAD. Segundo Caliper (2002), o método GRASP define as facilidades, levando em consideração o menor custo de atendimento. Já para a definição dos locais de recolhimento, serão analisados os pontos de confluência (nós) entre vias rurais, desconsiderando-se as trilhas e os caminhos que não permitem transporte motorizado e as dificuldades de acesso por más condições das vias.

Segundo Rago (2002), a roteirização consiste em um processo de programação das cargas com objetivo de distribuí-las em rotas previamente definidas, tendo como processo a avaliação de informações como: peso da carga, capacidade dos veículos, pontos de coleta/entrega com a finalidade de minimizar os custos da movimentação dos produtos transportados.

A etapa do consumo é a última da cadeia produtiva do pequi. Para chegar ao consumidor final, o principal gargalo é o transporte, desde o ponto de coleta ao ponto de venda e/ou revenda.

Segundo Câmara (2005), o termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Para Oliveira (2011), o SIG-T pode ser definido como um conjunto de rotinas específicas para aplicação em problemas logísticos, operativos e de transporte.

O ArcGIS é um Sistema de Informação Geográfica utilizado para criação e gerenciamento de mapas através de dados matriciais e vetoriais.

O TransCAD, além das funções básicas de um SIG, foi desenvolvido para manipular dados relativos a transporte. De acordo com Raia Júnior e Silva (1998), a plataforma permite também resolver problemas convencionais de roteamento e escalonamento de veículos.

Assim, o presente trabalho propõe-se a criar um modelo de logística de transporte para a exploração do pequi utilizando o Sistema de Informações Geográficas, SIG, por meio das plataformas ArcGIS 10.6 e TransCAD 4.5, com objetivo de definir pontos estratégicos para coleta dos frutos de forma planejada e estruturada. Esses pontos estratégicos, aliados a uma roteirização de veículos, possibilitarão um menor tempo de deslocamento e, conseqüentemente, um menor custo no transporte.

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, o Norte de Minas é a região que apresenta maior produção do pequi, sendo Japonvar o município com maior representatividade, conforme apresentado (Quadro 1).

Quadro 1. Produção de pequi nas principais cidades do norte de Minas Gerais nos anos de 2014-2016.

Fonte: IBGE - 2014/2016.

Município - MG	Variável (Anos: 2014 - 2015 - 2016)		
	Quantidade produzida na extração vegetal (toneladas)		
	2014	2015	2016
Brasília de Minas	616	528	475
Campo Azul	800	713	645
Chapada Gaúcha	757	624	558
Curvelo	270	253	240
Ibiracatu	585	450	360
Japonvar	993	895	1043
Lontra	850	600	500
Luislândia	520	449	498
Mirabela	861	810	750
Montes Claros	500	658	652
Patis	713	625	600
Pintópolis	418	378	350
Ponto Chique	696	626	470
Santana de Pirapama	510	715	326
São Francisco	899	785	655
São João da Ponte	523	477	450
Ubaí	924	813	721
Urucuia	948	785	745
Varzelândia	431	377	345

Assim, o município de Japonvar foi definido como modelo de estudo por apresentar maior produção de pequi no norte de Minas Gerais.

O Fluxograma (Figura 1), apresenta as etapas da modelagem desenvolvida:

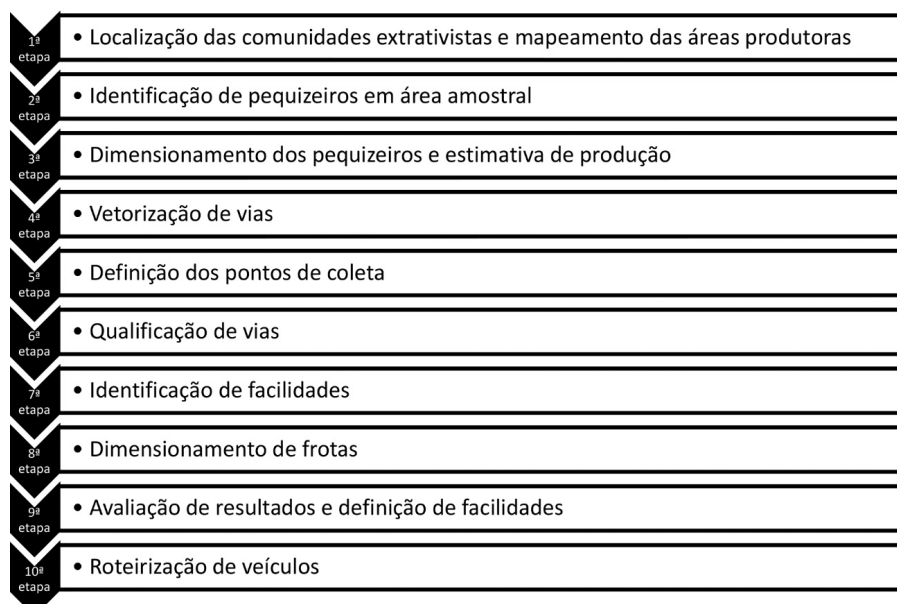


Figura 1. Fluxograma com etapas da modelagem desenvolvida. Fonte: Elaboração própria.

Localização das comunidades extrativistas e mapeamento das áreas produtoras

Com o objetivo de identificar o potencial produtivo do município realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica de pesquisas que trabalham com o tema Cerrado e espécies vegetais como o pequi (*Caryocar brasiliense*).

As bibliografias publicadas relatam a existência de seis comunidades extrativistas no município de Japonvar. Por meio de visitas *in loco* na região, foi possível registrar mais 13 (treze) comunidades extrativistas.

Assim, foram identificadas, no total, 19 (dezenove) comunidades com auxílio da Ema-ter, da Prefeitura Municipal de Japonvar, de Associações rurais e de extrativistas locais.

Dessas dezenove comunidades, 17 (dezesete), conforme ilustrado pela Figura 2, estão dentro do município de Japonvar, e 2 (duas) pertencem aos municípios de Brasília de Minas e Lontra, mas colhem o pequi na região em estudo.

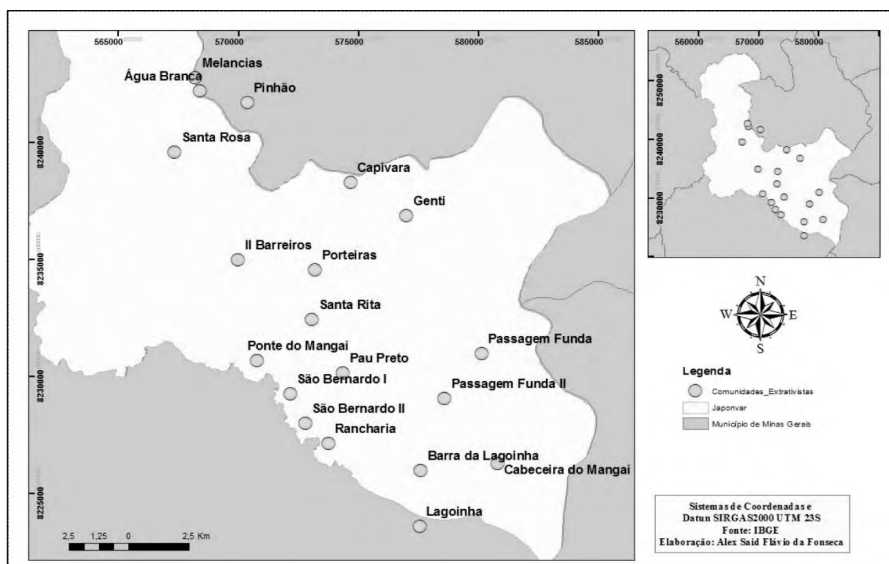


Figura 2. Localização das comunidades extrativistas. Fonte: Elaborada pelo autor.

A identificação das comunidades permitiu conhecer os extrativistas para realizar o mapeamento das áreas produtoras. O mapeamento das áreas produtivas foi feito com o objetivo de identificar as principais áreas economicamente viáveis para a coleta. Com base nesse mapeamento, será possível estimar a produção e identificar as facilidades.

O mapeamento foi feito por meio de coleta de dados via uso do Global Positioning System (GPS - marca: Garmin; Modelo: eTrex 10) e utilização do ArcGIS como plataforma de tratamento dos dados. Para Castro (2002) o uso do GPS apresenta grandes vantagens nos sistemas de posicionamento, como: baixo custo, precisão, fácil operacionalização e resultados rápidos. O mapa resultante está identificado na Figura 3.

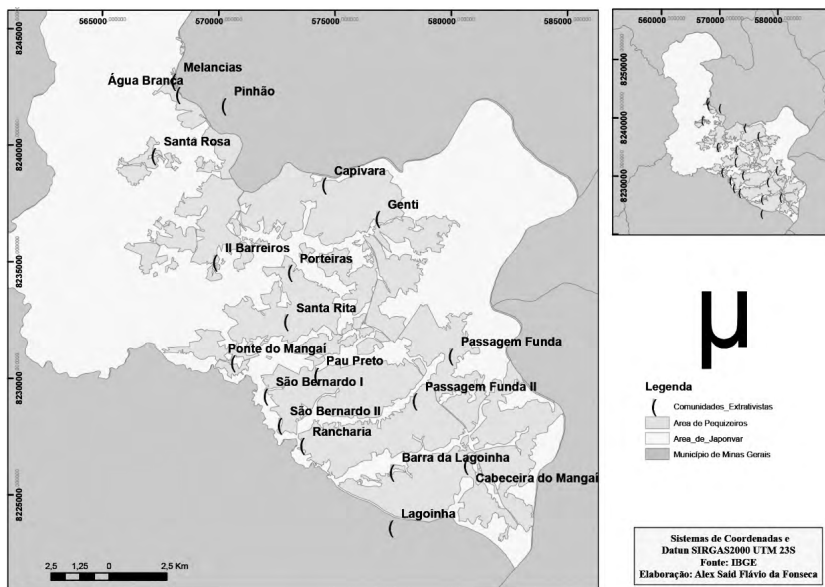


Figura 3. Mapeamento das áreas de pequi do município de Japonvar (área de 116480988,4 m²).
Fonte: Elaborada pelo autor.

Com auxílio dos representantes locais de cada comunidade extrativista, fez-se a delimitação das áreas produtivas através da identificação das suas coordenadas pelo GPS. Para tratamento dessas informações e criação do mapa das áreas, utilizou-se a plataforma ArcGIS.

Identificação de pequi em área amostral

Após o mapeamento, foi escolhida uma área, de forma aleatória, para quantificar o número de pequi no local. A área selecionada foi de 226.049 m², ilustrada na Figura 4, e o número de pequi contabilizados foi de 83 árvores, o que equivale a um pequi a cada 2723,5 m².



Figura 4. Mapa de amostra dos pequi (área de 226.049 m²). Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o dimensionamento dessa amostra, foi utilizado o GPS para a coleta das coordenadas de cada pé de pequi e da delimitação da área. Essas informações foram adicionadas junto ao mapeamento das áreas produtoras no ArcGIS.

A seleção da amostra da Figura 4 foi feita com o objetivo de estimar o quantitativo de pequizeiros das áreas produtivas. Assim, com o auxílio da plataforma ArcGIS foi possível expandir, de forma proporcional, a amostra selecionada.

Dimensionamento dos pequizeiros e estimativa de produção

Com a expansão da amostra chegou-se ao valor estimado de 42.772 unidades de pequizeiros em toda a área de estudo.

A Figura 5 apresenta o dimensionamento dos pequizeiros que confirma o potencial de exploração da região.

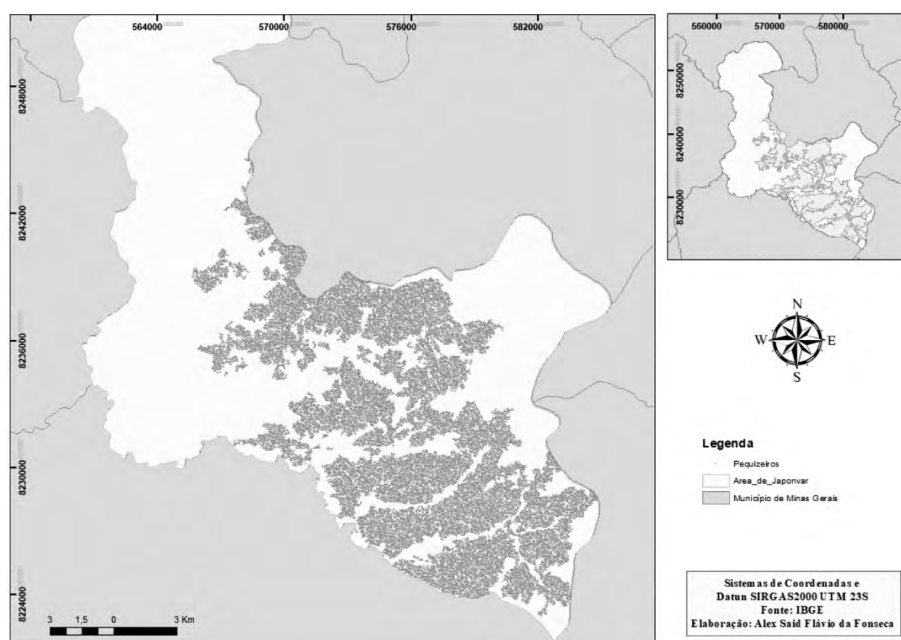


Figura 5. Dimensionamento dos pequizeiros da região de Japonvar. Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante o período de safra, observou-se que o extrativista percorria, em média, 34 pequizeiros para colher uma caixa de pequi de aproximadamente 30 Kg. Com base nessa observação, foi possível estimar a produção de pequi por meio do cálculo (Figura 6):

$$PE = NP * \left(\frac{PC}{PP}\right) \quad (1)$$

PE = Produção estimada de pequi em quilograma;

NP = número de pequizeiros;

PC = peso do pequi no recipiente;

PP = número de pequizeiros percorridos para preenchimento do recipiente.

Utilizando a fórmula (1), foi possível encontrar uma produção diária de 37.740 quilogramas.

Vetorização de vias

Após a etapa de dimensionamento dos pequizeiros, iniciou-se o processo de identificação da rede viária. Constatou-se, no entanto, que somente as principais vias do município são vetorizadas, conforme dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT).

Assim, com a utilização do GPS e da plataforma ArcGIS, foi feita a vetorização das demais vias de acesso às áreas produtoras. Essas vias são compostas por trechos de estrada de chão batido que interligam vilas, povoados e fazendas.

A Figura 7 apresenta as vias de acesso às áreas produtoras. A vetorização é uma etapa necessária para a determinação dos nós.

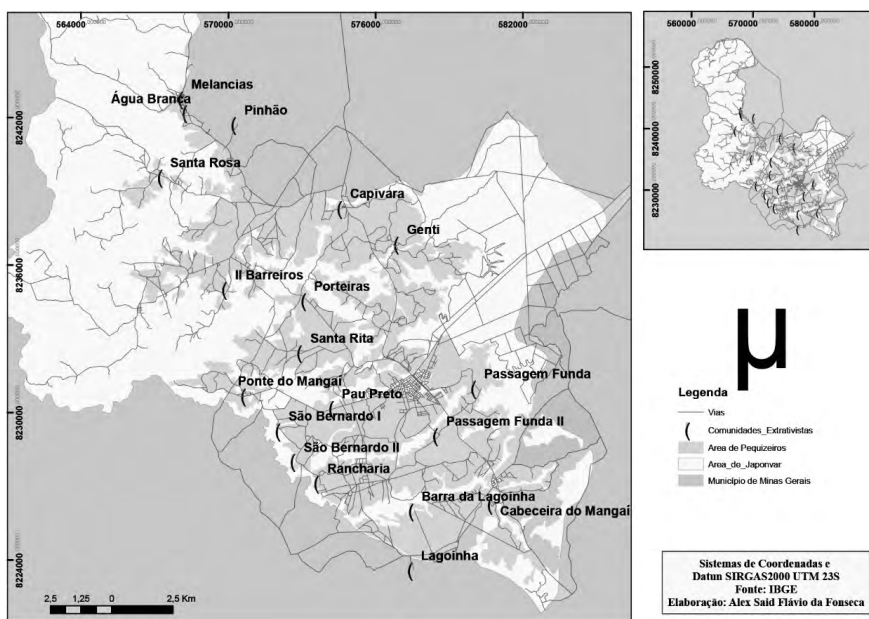


Figura 7. Vetorização das vias do município de Japonvar. Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a vetorização foi possível identificar as vias de acesso às áreas produtoras o que permitirá definir os pontos de coleta.

Definição dos pontos de coleta

Após a vetorização das vias, foram definidos os pontos para a coleta do pequi. Esses pontos foram definidos usando as confluências das vias rurais do município por meio da plataforma ArcGIS 4.5. Na plataforma, os pontos são marcados após visualizar os vetores. A Figura 8 apresenta todos os pontos de confluência.

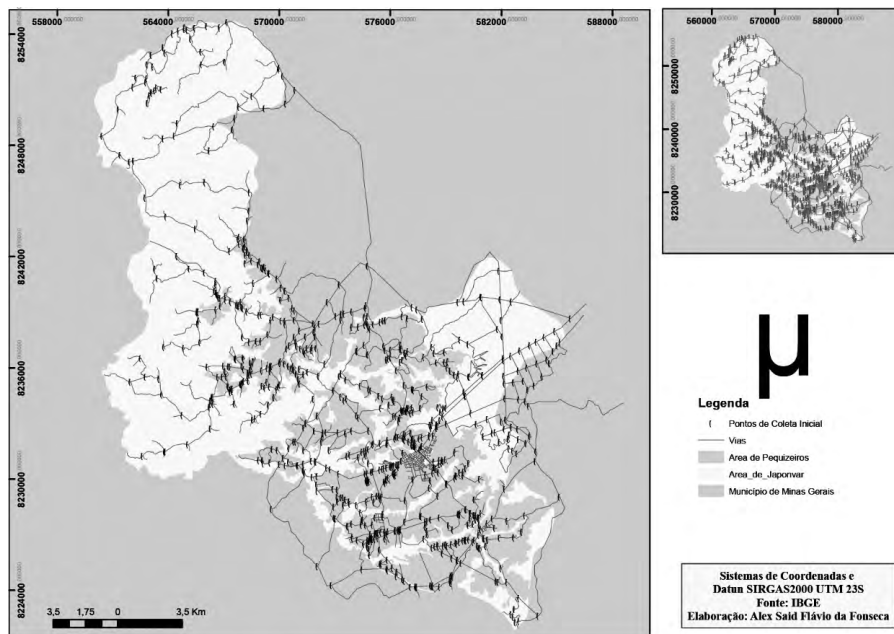


Figura 8. Pontos de Confluências das vias rurais do município de Japonvar. Fonte: Elaborada pelo autor.

Com os pontos de confluência definidos, utilizou-se o ArcGIS para gerar o polígono de Thiessen na área do município. O polígono foi criado para delimitar, por proximidade, a área de cobertura dos pontos de coleta.

Após a criação dos polígonos, foi possível mensurar o número de pequizeiros atribuídos a cada confluência.

No período de safra, observou-se que o extrativista percorria, em média, trinta e quatro árvores para preencher uma caixa de pequi com aproximadamente 30 kg. Considerando esse dado, para linha de corte, foi feita a exclusão dos pontos que apresentaram um número menor que trinta e quatro pequizeiros.

Outro critério de corte adotado foi a distância entre os pontos de coleta, que devem distar, no mínimo, cem metros um do outro para otimizar as paradas dos veículos. Sendo assim, foram excluídos os pontos com menor número de pequizeiros atribuídos.

Dessa forma, chegou-se a trezentos e cinquenta e dois pontos de coleta, conforme divisão apresentada na Figura 9. Para mensurar foi feita a contagem do número de pequizeiros, em cada área do polígono, pelo ArcGIS.

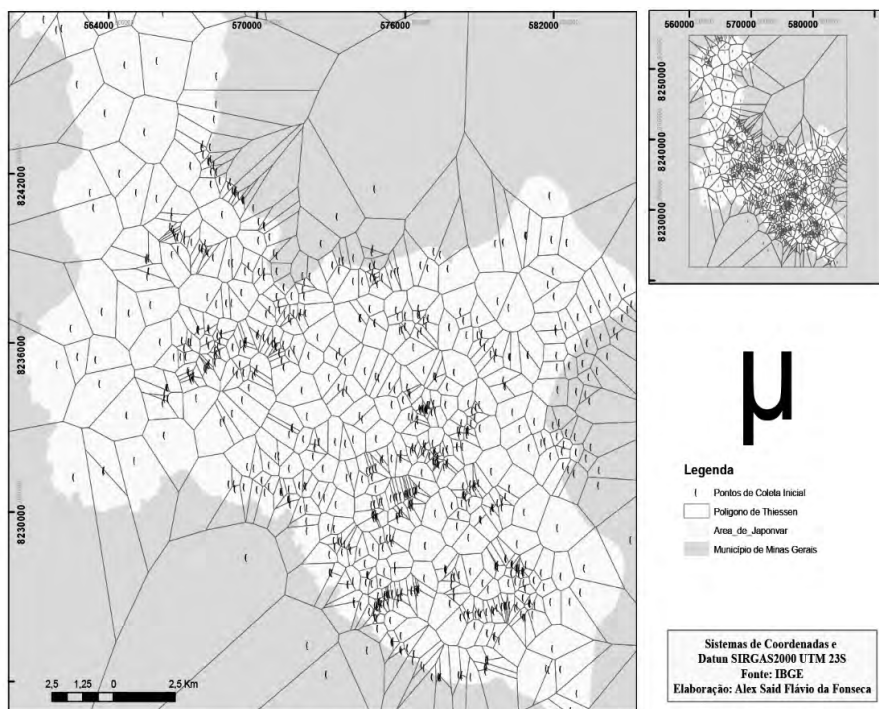


Figura 9. Divisão por pontos de confluência das vias rurais do município de Japonvar. Fonte: Elaborada pelo autor.

Com os trezentos e cinquenta e dois pontos de coleta definidos foi feita uma nova divisão da área do município para delimitar, por proximidade, o quantitativo de pequi-zeiros atribuídos a cada ponto de coleta, conforme apresentado na Figura 10.

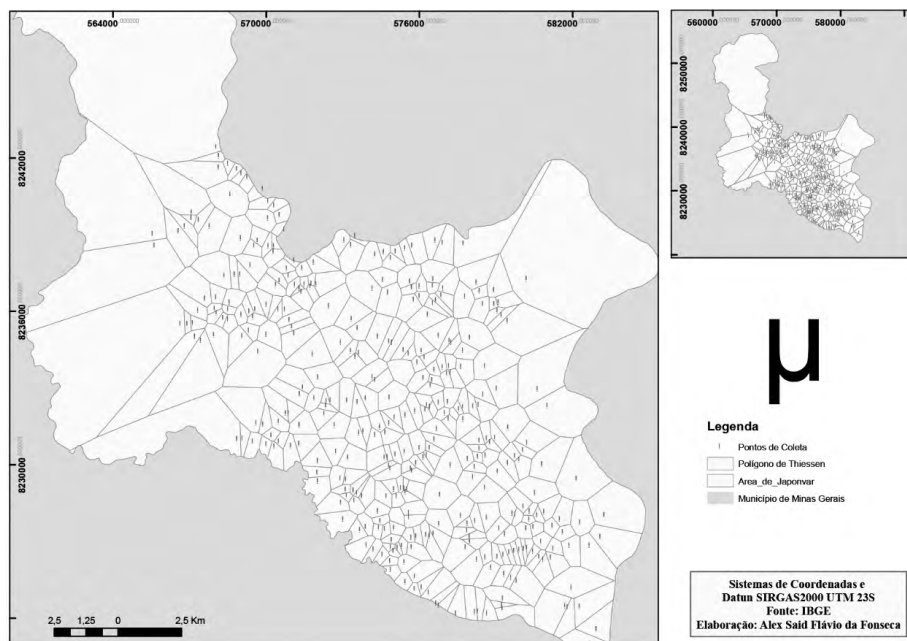


Figura 10. Divisão por pontos de coleta escolhidos no município de Japonvar. Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a distribuição final, foi possível identificar o número de pequi-zeiros e a produção correspondente a cada ponto de coleta.

Qualificação de vias

Após a definição dos pontos de coleta, utilizou-se o TransCAD para estabelecer as facilidades que são pontos estratégicos para escoamento do pequi. Para isso, criou-se uma matriz de custo que foi determinada considerando o tempo de deslocamento de um ponto de coleta a outro. O tempo de deslocamento foi estabelecido de acordo com a classificação das vias.

O Quadro 2 apresenta os critérios para classificação das vias que foram definidos com base nas informações colhidas entre extrativistas, motoristas locais e observação das vias.

Quadro 2. Classificação das vias de tráfego na área do estudo. *Fonte: Elaborada pelo autor.*

Tipo de Via	Classificação	Características	Velocidade média
Vias pavimentadas	Classe 01	Vias de revestimento sólido (asfalto ou calcamento)	70 km/h
Vias não pavimentadas	Classe 02	Vias com revestimento solto ou leve, estradas em bom estado de conservação.	50 km/h
Vias não pavimentadas	Classe 03	Vias com revestimento solto ou sem revestimento, estradas com poucas ou nenhuma conservação e de traçado irregular.	30 km/h

Acompanhando os transportadores no período da safra (novembro/2018 a fevereiro de 2019), podem-se observar variações nas velocidades adotadas em diferentes trechos. De acordo com as condições das estradas, determinou-se a velocidade média para cada tipo de via, as quais foram classificadas em: Classe 01, 02 e 03. A Figura 11 apresenta a classificação das vias, conforme definido anteriormente.

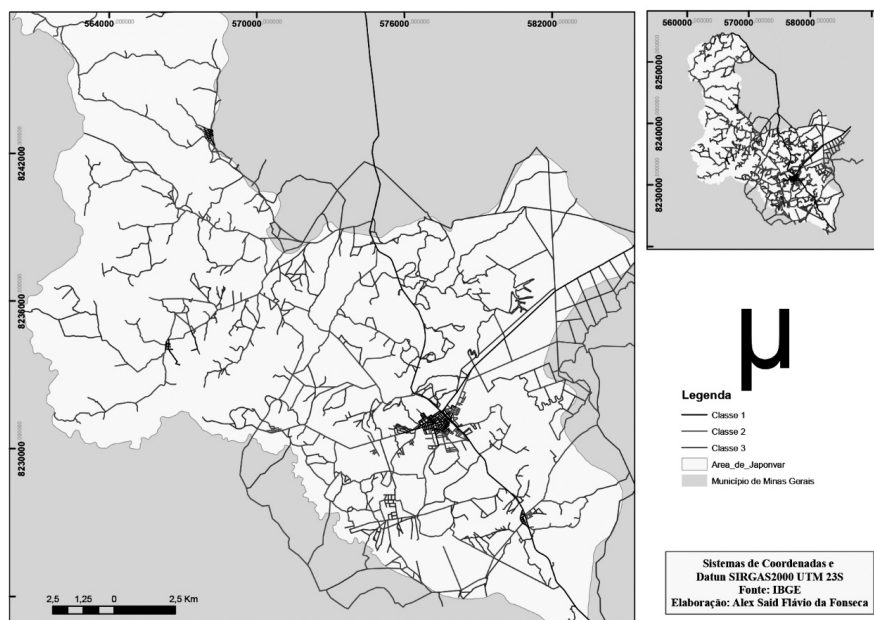


Figura 11. Classificação das vias do município de Japonvar e adjacências. *Fonte: Elaborada pelo autor.*

De acordo com a Figura 11, é possível identificar que a maior parte das vias não é pavimentada e não favorece o deslocamento no período chuvoso.

Após a definição das velocidades a serem adotadas nas vias, chegou-se ao tempo de deslocamento de cada trecho vetorizado. Assim, criou-se no TransCAD a matriz de tempo entre os pontos de coleta para definição das facilidades.

Identificação das facilidades

No TransCAD as facilidades são definidas pelo método Grasp. O código do algoritmo usado pelo software é desconhecido. A implementação deste método permite a combinação de diferentes facilidades buscando sempre o melhor cenário de localização. (CALIPER, 2002).

A localização de facilidades baseada em SIG é um tema amplo e mencionado por diversos autores. A Heurística de localização-Alocação utilizado no TransCAD apresenta-se como um método eficaz na identificação de facilidades para solução de problemas. Nesse sentido, alguns trabalhos envolvendo logística de transporte podem ser vistos em Arakaki (2003), Daskin (2013) e Távora (1999).

Para o trabalho, foram identificados 07 (sete) conjuntos de facilidades diferentes. O objetivo foi apresentar alternativas para a melhor escolha de acordo com a realidade do município.

A escolha dos grupos foi feita com base na produção, sendo considerado somente os grupos em que cada facilidade atendesse uma região com produtividade acima de 2 (duas) toneladas de pequi. A Figura 12 apresenta as facilidades identificadas.

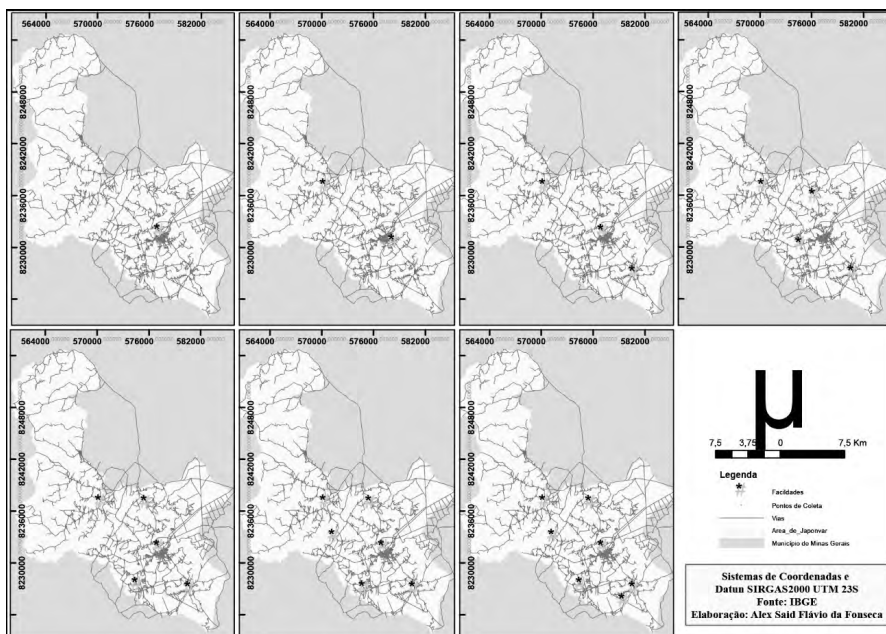


Figura 12. Identificação de facilidades. Fonte: Elaborada pelo autor.

Com as facilidades encontradas foi possível trabalhar de forma individual cada grupo de facilidade para definir o menor custo através da roteirização.

Dimensionamento de frota

Com base nas facilidades, criou-se a roteirização utilizando o TransCAD. Para roteirizar, foi necessário selecionar o modo de operação no programa (coleta), os locais de depósito (as facilidades encontradas), os locais de parada (pontos de coleta) e definir o tempo de serviço e de funcionamento das unidades destacadas.

O tempo de serviço considerado foi de 03 (três) minutos para estacionamento do veículo e preparação dos recipientes para a coleta do pequi e de 02 (dois) minutos para o carregamento de cada caixa com 30 quilos de pequi.

O tempo de funcionamento dos pontos de coleta ficou definido das 12h às 18h, considerando que a coleta do pequi pelos extrativistas acontece no período da manhã. Essas informações são necessárias na roteirização para apresentar o horário de coleta em cada ponto.

É importante destacar que o programa TransCAD considera que cada veículo realiza apenas uma rota diária, o que torna necessário um veículo para cada rota.

Após essa etapa, foi criada uma matriz que considera o tempo e a distância entre os pontos de coleta, com o objetivo de definir o melhor percurso a ser adotado. A plataforma necessita das definições dos veículos a serem utilizados no roteamento, como: tipo, capacidade, custo e quantitativo a ser adotado.

Assim, as informações necessárias foram definidas com base nas observações feitas no município no período de coleta do pequi, considerando os veículos que normalmente são utilizados na região.

Sendo assim, foram adotados três tipos de veículos, conforme Quadro 3:

Quadro 3. Caracterização dos tipos de veículos utilizados no transporte do Pequi dos pontos de coleta até as facilidades. Fonte: *Elaborada pelo autor.*

Tipo	Descrição	Capacidade (kg)	Custo por Km (R\$)	Valor Mínimo (R\$)
1	Caminhão semi-pesado	6000	4	90
2	Veículo urbano de cargas	3000	3	60
3	Caminhonete	1170	2,5	30

O Quadro 3 apresenta o tipo, a capacidade, o custo por quilometragem rodada e o valor mínimo cobrado por frete com base em valores de dezembro/2018.

De acordo com as informações apresentadas foram criados quatro cenários com objetivo de identificar o menor custo para o transporte:

- » Cenário 1: Utilização de veículos de 6 toneladas;
- » Cenário 2: utilização de veículos de 3 toneladas;
- » Cenário 3: utilização de veículos de 1170 Kg;
- » Cenário 4: utilização de veículos de frota mista.

Ao testar os cenários na plataforma TransCAD o software apresentou o custo do transporte para roteirização dos veículos. Com base nessas informações foi identificado o melhor cenário para cada grupo de facilidades.

Avaliação de resultados e definição de facilidades

Com base nas informações apresentadas pelo programa TransCAD, foi elaborada o Quadro 4 com a melhor condição para cada número de facilidades identificadas. Levou-se em consideração as seguintes condições para análise:

- » Localização das facilidades; que foram definidas pelo método GRASP;
- » veículos empregados na otimização; escolhidos de acordo com os modelos já utilizados na região;
- » quantidade, tempo (Horas e Minutos) e distância (Km) das rotas definidas pelo programa TransCAD;
- » custo do transporte.

Quadro 4. Cenário com o menor custo total por número de facilidades. *Fonte: Elaborada pelo autor.*

Facilidades		Veículos			Transporte				
Quantidade		Rotas			Custo (R\$)				
Quant. Localização		6000kg	3000kg	1.170kg	Quant.	Tempo total	Distância total	Valor/km	Custo total
1	215		13		13	68h51	459014	3,00	1.375,80
2	254;84		14		14	68h09	414720	2,97	1.231,57
3	247;215;84		13	1	14	67h48	392258	3,07	1.205,90
4	318;247;199; 84		11	6	17	68h05	405140	3,00	1.216,80
5	319;247;215;168;84		14		14	67h20	365581	3,07	1.121,90
6	319;247;215;165;99;84		13	3	16	67h17	361997	3,13	1.133,30
7	319;247;222;215;168;99;84		11	8	19	67h17	360370	3,12	1.125,95

No desenvolvimento do trabalho foram testados 07 (sete) grupos de facilidades com o objetivo de identificar menor custo de transporte.

A implementação do modelo não requer investimento inicial nos locais de facilidades, em relação a estrutura física, pois os mesmos servirão apenas como pontos estratégicos para recebimento da produção.

Assim, com base nos dados do Quadro 4, adotou-se a opção de cinco facilidades por apresentar melhor resposta em relação ao objetivo proposto.

A Figura 13 apresenta as facilidades com o menor custo para o transporte do pequi no município. Percebe-se que as facilidades identificadas na Figura minimizam o deslocamento dos veículos até os pontos de coleta do pequi concentrando o material coletado em poucos pontos e, conseqüentemente, otimiza o processo de carregamento e transporte do pequi até os centros comerciais.

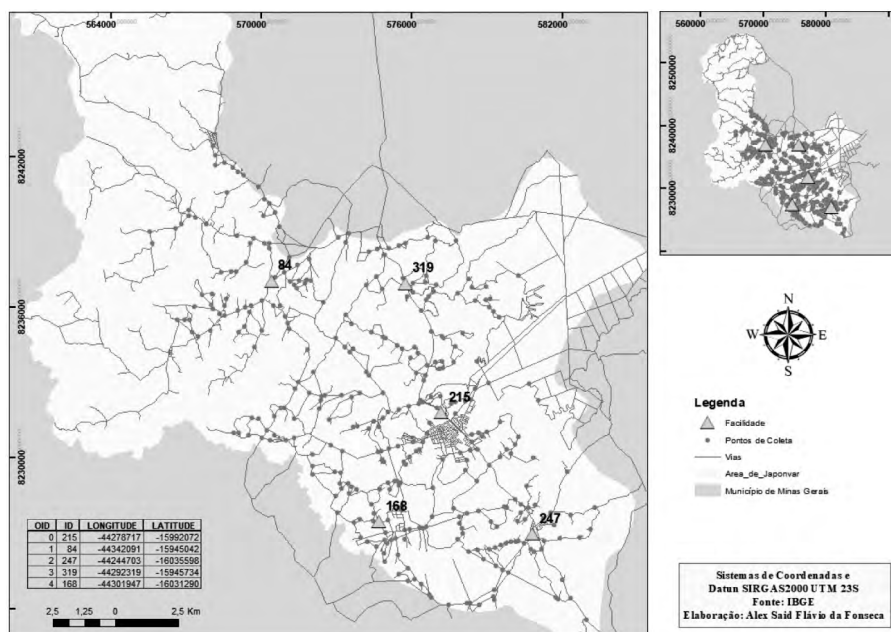


Figura 13. Facilidades. Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a definição do grupo com cinco facilidades foi feito o dimensionamento da frota para o transporte do pequi. O Quadro 5 apresenta os tipos e números de veículos, capacidade e custo por quilometragem percorrida.

Quadro 5. Dimensionamento de frota necessária por facilidade. Fonte: Elaborada pelo autor.

Facilidade	Tipo	Capacidade (Kg)	Quantidade (Un)	Custo por km (R\$)
215	2	3000	4	3
84	2	3000	3	3
247	2	3000	3	3
319	2	3000	2	3
168	2	3000	2	3

Roteirização de veículos

Estabelecidas as facilidades ao adotar o critério de menor custo, constatou-se que serão necessários quatorze veículos de três toneladas. As informações apresentadas, no Quadro 6, retiradas do TransCAD, descrevem a roteirização dos veículos com os dados: horário de coleta, tempo de deslocamento, pontos de coleta atendidos, distância percorrida e carga colhida.

O Quadro 6 apresenta as características relativas a cada rota.

Quadro 6. Características das rotas do grupo de cinco facilidades. Fonte: Elaborada pelo autor.

Facilidades	Rotas	Tipo de veículo	Pontos de coleta visitados (un)	Distância Percorrida (km)	Tempo total (h e min)	Carga colhida (kg)	Custo (R\$)
319	1	2	28	38569	5h49	2975	115,71
	2	2	11	18411	3h23	2170	60
	Total		39	56980	9h11	5145	175,71
247	3	2	31	20888	5h09	2763	62,66
	4	2	17	25939	4h45	2970	77,82
	5	2	8	17459	4h00	2941	60
	Total		56	64286	13h54	8674	200,48
215	6	2	36	35801	5h47	2777	107,4
	7	2	26	29048	4h29	2336	87,14
	8	2	24	30157	5h08	2980	90,47
	9	2	13	15734	3h20	2157	60
	Total		99	110740	18h44	10250	345,01
168	10	2	38	23650	5h46	2975	70,95
	11	2	32	24599	5h02	2567	73,8
	Total		70	48249	10h48	5542	144,75
84	12	2	40	31976	5h47	2737	95,93
	13	2	36	32839	5h48	2932	98,52
	14	2	12	20511	3h06	1844	61,53
	Total		88	85326	14h41	7513	255,98

De acordo com o Quadro 6 é possível determinar a distância percorrida, o custo, o tempo de deslocamento e a quantidade de pequi recolhido em cada rota. O quadro também apresenta o quantitativo de pequi transportado para cada facilidade estabelecida.

Desta forma, a gestão do processo de coleta e transporte do pequi até as facilidades pode ser quantificada, permitindo determinar os custos de transporte do pequi até as facilidades, tempo de execução de cada etapa, receitas e lucros oriundos da operação.

Além disso, o modelo pode ser redimensionado com introdução de novos pontos de coleta bem como a definição de novas facilidades para testar os resultados obtidos com este novo modelo em relação ao modelo atual.

A Figura 14 ilustra as principais rotas identificadas entre os pontos de coleta e a facilidade a que ela foi associada. A metodologia implementada busca associar cada ponto de coleta a facilidade que apresenta menor custo de atendimento.

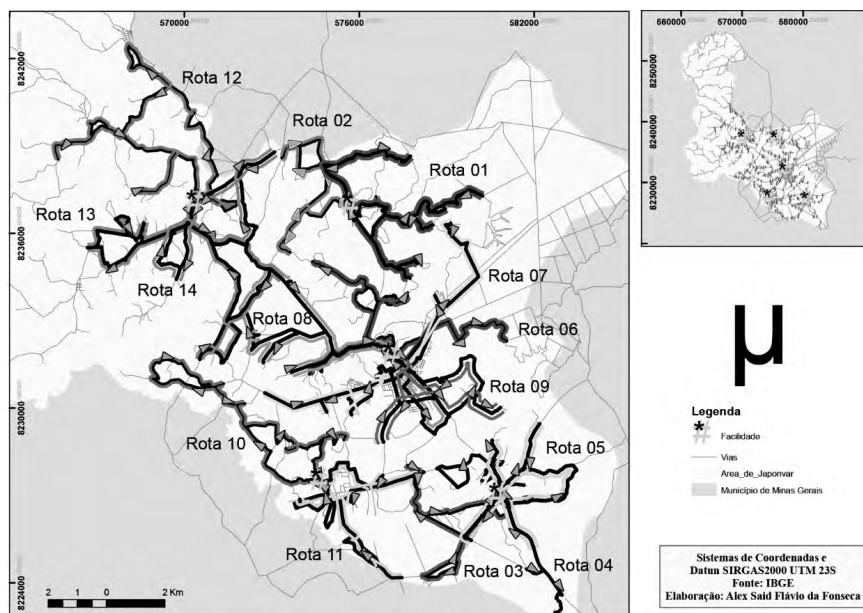


Figura 14. Roteirização dos veículos para a coleta do pequi no município de Japonvar/MG. Fonte: Elaborada pelo autor.

Diante da roteirização apresentada, identifica-se a necessidade de 14 (quatorze) veículos com capacidade de três toneladas para a coleta diária do pequi na região de Japonvar/MG, conforme definido na escolha das facilidades.

Desse modo, o modelo heurístico desenvolvido apresentou as características necessárias para o escoamento do pequi considerando o menor custo no transporte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho desenvolvido tem uma relevância econômica e social, pois, ao criar uma modelagem computacional para extração do pequi na região de Japonvar/MG, chegou-se a um modelo que identifica o melhor cenário para o transporte do fruto. Por ser uma região com poucas oportunidades de emprego, baixa renda e sem infraestrutura adequada, é de grande relevância desenvolver um projeto que otimiza o potencial produtivo que a região apresenta.

Durante o período da safra, o que se observa na região é a ausência de uma logística que favoreça o escoamento do pequi de forma viável para os extrativistas, principalmente quando se considera que é uma produção sem nenhum custo.

Com a realização do trabalho, foi possível vetorizar e mapear áreas não mencionadas na literatura, estimar a produção do pequi na região de Japonvar e criar a roteirização para favorecer o escoamento da produção.

Com base nos resultados, foi possível estabelecer cinco facilidades que atendem todo o município de Japonvar. O modelo apresentado é viável, pois considera o menor custo e favorece o menor deslocamento do extrativista por dimensionar os pontos de coleta próximos às áreas produtoras.

O modelo desenvolvido permite uma redução dos custos com combustível e manutenção dos veículos por considerar o menor deslocamento, além de favorecer o escoamento da produção para outras regiões.

Assim, chega-se ao resultado proposto que foi a criação de uma modelagem aplicada ao extrativismo do pequi no município de Japonvar/MG.

Propõe-se para trabalho posterior o desenvolvimento de um método de programação linear para avaliação da solução e desempenho do modelo apresentado. A recomendação justifica-se pela necessidade de confirmar se os resultados apresentados no modelo heurístico, desenvolvido no trabalho, são as melhores soluções.

Ainda como proposta para complementação do trabalho, sugere-se a criação de um aplicativo que permita o extrativista apresentar a quantidade diária de pequis colhidos para que as rotas sejam definidas em tempo real. Essa proposta torna-se viável quando consideramos que, por condições adversas, a produção possa sofrer alteração em relação ao quantitativo estimado nesse modelo apresentado. Assim, o aplicativo irá definir a melhor rota para o motorista considerando sempre o menor custo do transporte.

BIBLIOGRAFIA

- » Arakaki, R. G. I. (2003) *Heurística de Localização-Alocação para Problemas de Localização de Facilidades*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos.
- » Ballou, R. H. (2006) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. [S.l.]: Bookman.
- » Caliper. (2002) *Routing and Logistics with TransCAD 4.5*. Caliper Corporation. USA.
- » Câmara, G. (2005) *Representação computacional de dados geográficos*. In: Casanova, M. A. et al. Banco de dados geográficos. Curitiba: Mundogeo, pp 11-52.
- » Carvalho, I. S. H. de (2007) *Potenciais e Limitações do Uso Sustentável da Biodiversidade do Cerrado: um estudo de caso da Cooperativa Grande Sertão no Norte de Minas*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- » carvalho, P. E. R. (2008) *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 3, 593 pp.
- » Castro, A. L. P. (2002) *Nivelamento através do gás: avaliação e proposição de estratégias*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus Presidente Prudente.
- » Daskin, M. S. (2013) *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*. 2. Ed. [S.l.]: Wiley, 516 pp. (A Wiley-interscience publication).
- » ESRI (2018) ArcGIS Network Analyst [online], Disponível em: <https://www.esri.com/software/arcgis/extensions/networkanalyst> (14/09/2018).
- » Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sistema IBGE de Recuperação Automática. IBGE - Sidra. *Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto extrativo 2010*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=25&i> (13/09/2018).
- » Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Sistema Ibge De Recuperação Automática. IBGE - SIDRA. *Quantidade produzida na extração vegetal por tipo de produto extrativo 2014 - 2016*. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=289&z=p&o=25&i> (13/09/2018).
- » IBGE (2014) *Produção da extração vegetal e silvicultura, 29*, Brasil.
- » Neto, A. F. e lima, R. S. (2006) Roteirização de veículos de uma rede atacadista com o auxílio de sistemas de informações geográficas (SIG), *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção*, jun.2006, N°5, p 18-39.
- » Oliveira, W. L. de (2009) *Ecologia Populacional e Extrativismo de Frutos de Caryocar brasiliense Camb. No Cerrado no Norte de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.
- » Oliveira, W. L. de (2010) *Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do pequi*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 84 p.
- » Oliveira, R. (2011) *Logística Reversa: A utilização de um Sistema de Informações Geográficas na Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis*. Dissertação de Mestrado como requisito para a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Itajubá, 1, p 8-152.

- » Rago, S. F. T. (2002) Estratégias para distribuição e transportes (II). *Revista Log&Mam - Logística, Movimentação e Armazenagem de Materiais*, ano XXIII, 146.
- » Santos, B. R. et al. (2004) Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. *Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras*, 64.
- » Silva, M. N. S. (2011) *Entre brejos, grotas e chapadas: o campesinato sertanejo e o extrativismo do Pequi nos Cerrados de Minas Gerais*. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Instituto de Geociências. Programa de pós-graduação em Geografia. Belo Horizonte.
- » Távora Junior, J. L. e Ramos, F. D. S. (1999) Localização Industrial no Nordeste do Brasil - Uma Perspectiva em Termos de Oferta e Demanda por Fatores Locacionais. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 30, n. Especial, p. 686-699, dezembro, 1999.
- » TransCAD TransCAD Transportation Planning Software [online], Disponível em: <https://www.caliper.com/tcovu.htm> (14/09/2018).
- » Zardo, R. N. (2008) *Efeito do impacto da extração de frutos na demografia do pequi (Caryocar brasiliense) no Cerrado do Brasil central*. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília. Brasília, DF, 62.

Alex Said Flávio da Fonseca / alexsaidflavio@yahoo.com.br

Mestre em Modelagem Computacional (Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES). Docente (Instituto Federal do Norte de Minas). Público artigos em revistas de especialidades: todas (geral).

Narciso Ferreira dos Santos Neto / narciso.ferreira@unimontes.br

Doutor em Engenharia de Transportes (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Docente - Departamento de Administração (Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES). Público artigos em revistas de especialidades: todas (geral).

João Batista Mendes / joao.mendes@unimontes.br

Doutor em Engenharia Elétrica (Universidade Federal de Minas Gerais). Docente - Departamento de Ciências da Computação (Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES). Público artigos em revistas de especialidades: todas (geral).