

Algoritmo para a implantação de zonas de manejo em fruticultura de precisão na cultura da maçã

Algorithm for setting up management zones in Precision Fruit Growing in the apple crop

Luciano Gebler¹, Andrea De Rossi², Silvio André Meirelles Alves³, Regis Sivori Silva dos Santos⁴

¹ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, luciano.gebler@embrapa.br

² Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, andrea.derossi@embrapa.br

³ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, silvio.alves@embrapa.br

⁴ Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho, Vacaria (RS), Brasil, regis.sivori@embrapa.br

RESUMO

Uma das principais causas da demora do avanço da adoção da fruticultura de precisão está na dificuldade da definição de zonas de manejo que representem o que ocorre na realidade de um pomar. Isso se deve à perda da representatividade do fator fertilidade do solo em relação à produtividade e à qualidade dos frutos à medida que o pomar avança em idade após atingir a fase produtiva, seja devido ao envelhecimento da planta, ao aumento da antropização, volume radicular ou acúmulo de reservas ao longo do tempo, necessitando de outras formas para representar a variabilidade do ambiente para seu manejo. Para auxiliar os produtores e técnicos, foi proposto um algoritmo simplificado que permite que o usuário construa as zonas de manejo sobre as quais o tomador de decisão irá aplicar as melhores práticas de manejo facilitando o processo de implantação da fruticultura de precisão em pomares de maçã.

Palavras-chave: planejamento do pomar; controle de manejo; fitotecnia.

ABSTRACT

One of the main causes of the delay in the adoption of precision fruit growing is the difficulty in defining management zones that represent what happens in the reality of an orchard. This is due to the loss of representation of the soil fertility factor in relation to productivity and fruit quality as the orchard advances in age after reaching the productive phase, whether due to the aging of the plant, increased anthropization, root volume or accumulation of reserves over time, requiring other ways to represent the variability of the environment for its management. To assist producers and technicians, a simplified algorithm has been proposed that allows the user to construct management zones on which the decision maker will apply the best management practices, facilitating the process of implementing precision fruit growing in apple orchards.

Keywords: orchard planning; management control; plant science.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura de precisão só existe quando há variabilidade espacial ou temporal que justifique o planejamento e manejo do ambiente de forma especializada. Por outro lado, muitas vezes as características locais são tão variadas que produzem mapas com zonas homogêneas muito pequenas, dificultando ações corretivas de manejo nesse ambiente. Assim, pode-se ajustar um mapa ao aceitar a união de zonas com graus de variabilidade mais próximas, agrupando-as em manchas maiores, possíveis de serem trabalhadas segundo os equipamentos ou maquinário disponível (Figura 1).

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000030>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.



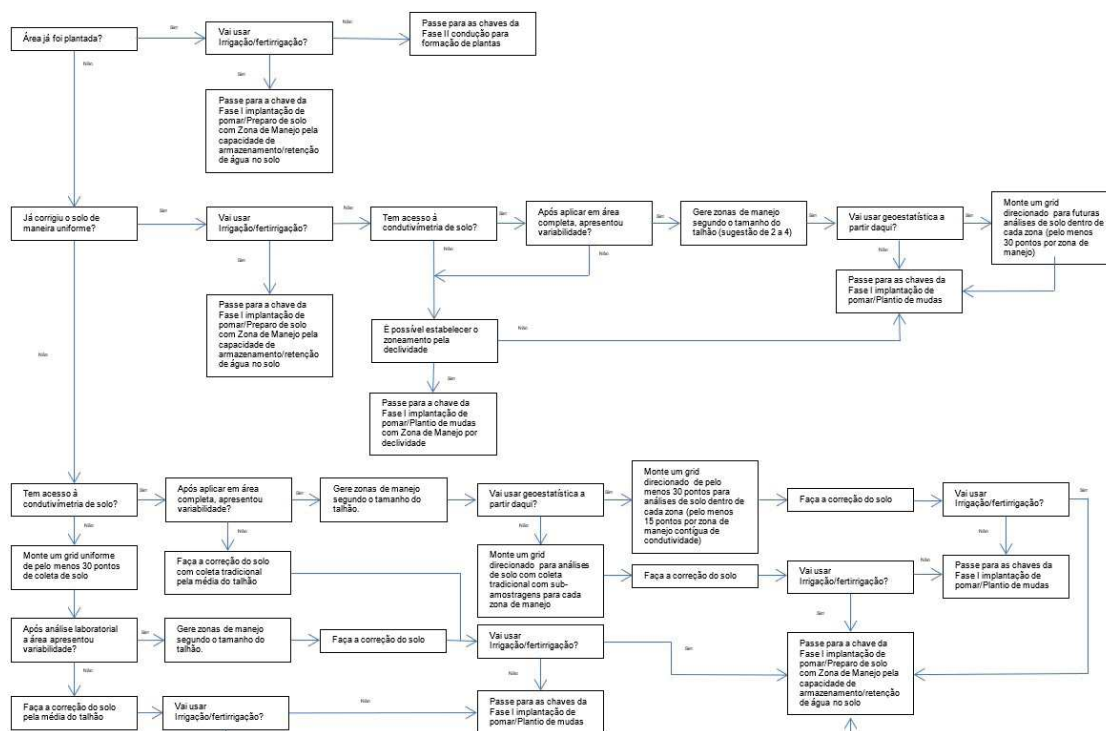


Figura 1. Mapas da mesma área e representação com variação no dimensionamento das zonas de manejo pela alteração dos limites de valor dos parâmetros.

No atual estágio tecnológico da agricultura de precisão, a principal forma de executar essa correção é a utilização dessas zonas de manejo, aceitando a existência de pequenos erros ou desvios por conta da existência de pequenos graus de variabilidade, mas que são reconhecidas como zonas mais homogêneas internamente do que em relação às zonas formadas na vizinhança, com os limites de erros de variabilidade maiores entre si. Além disso, para o sucesso de um programa de implantação de agricultura de precisão, independentemente da cultura que está sendo trabalhada, é necessário que haja um conjunto mínimo de informações qualificadas para que o sistema funcione, gerando a necessidade da criação de bancos de dados locais.

Portanto, todo sistema envolvendo a AP deve prever a coleta de dados e geração de informações (Etapa 1), para que o tomador de decisões possa propor uma ação corretiva em algum aspecto do ambiente produtivo (Etapa 2), sendo necessário que ao final do ciclo possa ser verificado o sucesso dessa correção (Etapa 3), a fim de propor a repetição, o avanço ou mesmo a paralisação do processo (Etapa 4), fechando um ciclo contínuo de trabalho. O exemplo tradicional de uma rodada de AP seria a obtenção dos mapas de fertilidade do solo de uma área (Etapa 1), execução das correções de fertilidade, quando necessário (Etapa 2), e a obtenção do mapa de colheita (Etapa 3), verificando-se se houve sucesso na tomada de decisão, gerando

uma relação causa-efeito. Com a recorrência desta ação ao longo dos anos, também torna possível a comparação entre os conjuntos anuais de mapas, contendo os ajustes da variabilidade espacial, permitindo avaliar o efeito da variabilidade temporal, necessário quando se envolve a análise de culturas perenes, bastante comum na aplicação de fruticultura de precisão (Figura 2).

Por ser uma planta perene, essas dificuldades na definição de zonas de manejo também ocorrem na cultura da macieira. A experiência tem demonstrado que nas etapas de implantação do pomar, durante a fase de condução (plantio das mudas e sua estruturação), enquanto o pomar é dedicado ao crescimento das plantas, o manejo da fertilidade e da água é a ferramenta mais eficaz que impacta na resposta das plantas. Entretanto, a partir da fase produtiva, a fertilidade do solo rapidamente vai perdendo importância, a ponto de que, em poucas safras, o mapa de fertilidade de solo não apresenta mais relação com o mapa de produtividade do pomar (Childers et al., 1995; Gebler et al., 2015). A explicação para isso é de natureza complexa, porém de compreensão simples. À medida que a planta vai ampliando seu horizonte de raízes, e as reservas vão sendo acumuladas em suas partes vegetativas, as plantas adultas dependem cada vez menos da fertilidade do solo, chegando mesmo a apresentar resiliência a períodos curtos de seca ou à falta de adubação em anos

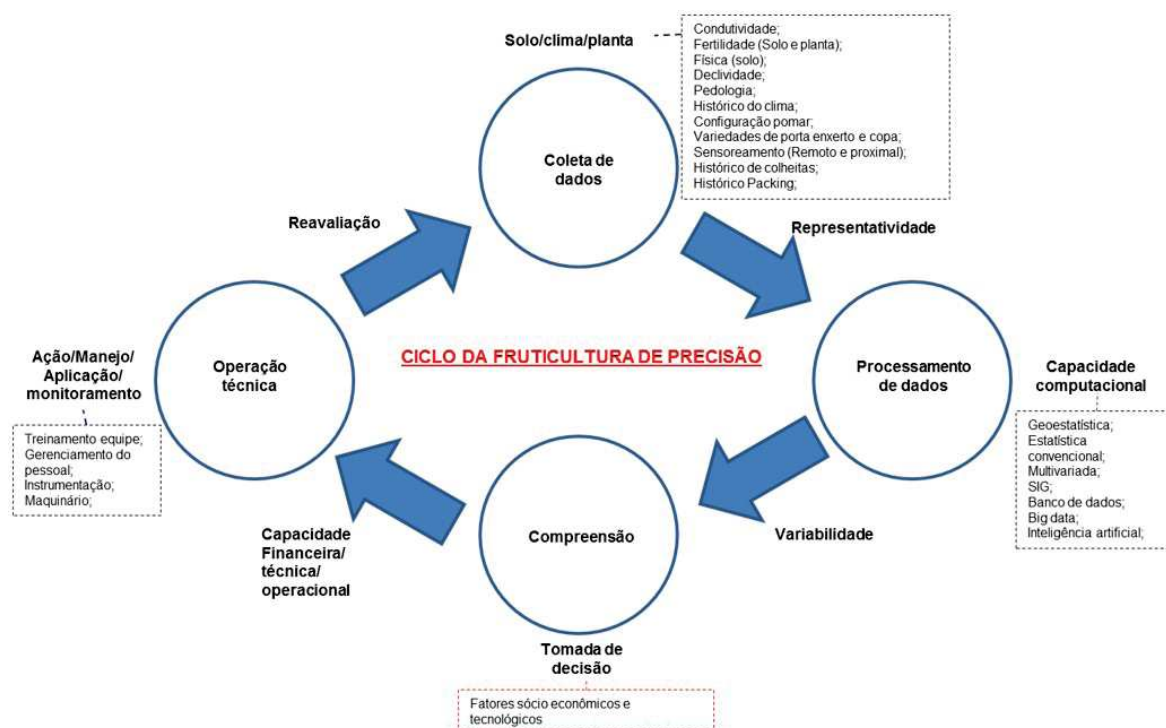


Figura 2. Ciclo de operação para a fruticultura de precisão.

alternados, estabelecendo uma relação causa-efeito entre outros parâmetros fitotécnicos/fisiológicos com a produção/qualidade, passando estes a representar bases melhores para a tomada de decisão (Ferree; Schupp, 2003).

Portanto, à medida que o pomar vai avançando em idade, começa a haver a especialização das demandas das plantas segundo a finalidade da produção, ou seja, culturas perenes cujo objetivo é produção de massa ou volume ainda respondem relativamente bem à extração de nutrientes do solo, enquanto que as culturas voltadas ao consumo in natura, ou com a produção focada na qualidade, demandam outros parâmetros que não a fertilidade do solo. No primeiro caso, a remuneração é feita pela média em valores mais baixos, sendo que o produtor ganha no aumento do volume, enquanto que no segundo caso, também chamada de produção premium, a remuneração é pela percepção da “perfeição” do produto, ou seja, pela qualidade, atingindo picos de remuneração unitária que faz valer a pena diminuir o volume da produção e se dedicar à expressão máxima das características únicas do produto (Bazzi et al., 2022). Resumindo, culturas perenes para industrialização massiva, como suco, café commodities ou vinho de mesa, remuneram pelo volume de produto enquanto que o “consumo premium”, como frutas in natura, café gourmet ou vinhos finos, remuneram pela unidade de produto de altíssima qualidade.

Logo, a produção industrial necessita de volume, e este fator é gerado pela extração máxima dos fatores que permitem a produção do ambiente, como nutrientes, água e energia, enquanto a produção premium necessita de expressão pronunciada de características diferenciais de cada planta, sendo regada pela junção da resposta fisiológica do indivíduo às características do ambiente onde a mesma se encontra. Sendo assim, as culturas perenes destinadas à industrialização tendem a se comportar mais como culturas anuais na demanda por insumo, enquanto as de destinação para consumo in natura ou premium exigem um manejo fortemente baseado na resposta fisiológica das plantas.

Levando em consideração todos esses aspectos elencados para o trabalho em fruticultura de precisão, verificou-se que o ponto crucial para o início do processo é o apoio aos usuários para a geração de zonas de manejo que tenham ressonância com a realidade na produção de maçãs. Na busca por alternativas práticas e diretamente aplicáveis ao campo, planejou-se a criação de um roteiro para a instalação de zonas de manejo levando em conta as diferentes necessidades apresentadas na fruticultura perene, permitindo a intercambialidade e replicabilidade nos mais diferentes ambientes produtivos. A proposta é a criação de um roteiro na forma de um algoritmo, aproveitando também que pode haver a entrada de dados de vários tipos

(fisiologia da planta, manejo pelo ser humano, fertilidade do solo, disponibilidade de água, micro e macroclima, dentre outros).

Um algoritmo é a adoção de uma série de passos lógicos que partem de um problema e buscam chegar a uma solução, ou seja, o encadeamento de ações necessárias ao cumprimento de uma tarefa (Manzano; Oliveira, 2019). Dificilmente haverá somente uma solução para um problema, portanto o que o uso do algoritmo propõe é a oportunidade de otimizar uma determinada solução, obtendo-se a forma mais direta e rápida possível. O algoritmo elaborado neste trabalho foi feito com base na avaliação ex-ante e ex-post de especialistas de cada área-chave, buscando facilitar ao usuário a geração de zonas de manejo que atendam a fase inicial do trabalho de implantação da fruticultura de precisão em uma área, sem avançar sobre a responsabilidade de apresentar as soluções técnicas necessárias a cada caso a serem apresentadas ao tomador de decisão.

2 UTILIZANDO O ALGORITMO

Foram criados roteiros binários simplificados, orientando o usuário para que ele disponha de informações, as mínimas necessárias, para construir uma zona de manejo orientada para a especialidade que ele escolheu iniciar a análise. Pode acontecer de a análise envolver mais de uma especialidade, envolvendo mais de um fluxograma analítico. Outra opção é o usuário desenvolver um conjunto de mapas com diferentes

zonas de manejo, sendo um para cada especialidade analisada para a área de produção.

O algoritmo foi dividido nas seguintes especialidades para geração de zonas de manejo, conforme o Quadro 1:

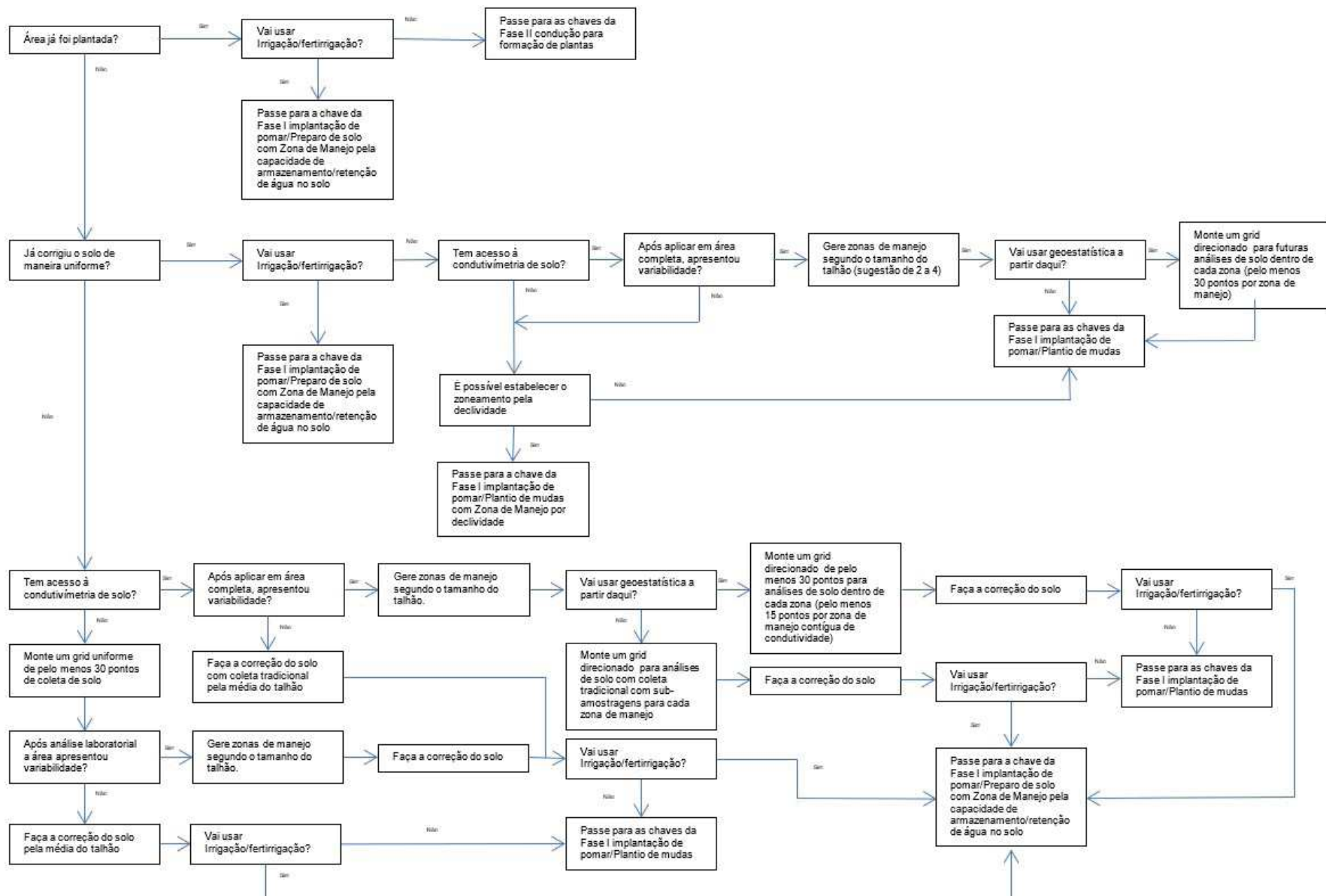
O algoritmo pode ser utilizado na forma gráfica, aqui apresentada, ou por meio de um software a ser desenvolvido. Na forma gráfica, o usuário deverá iniciar sempre pelo questionamento no lado superior esquerdo e ir seguindo as indicações, à medida que responda “sim” ou “não”, podendo chegar a uma das seguintes classes de resultados:

- É possível gerar zonas de manejo;
- Não é possível aplicar fruticultura de precisão;
- Vá para uma nova chave de decisão.

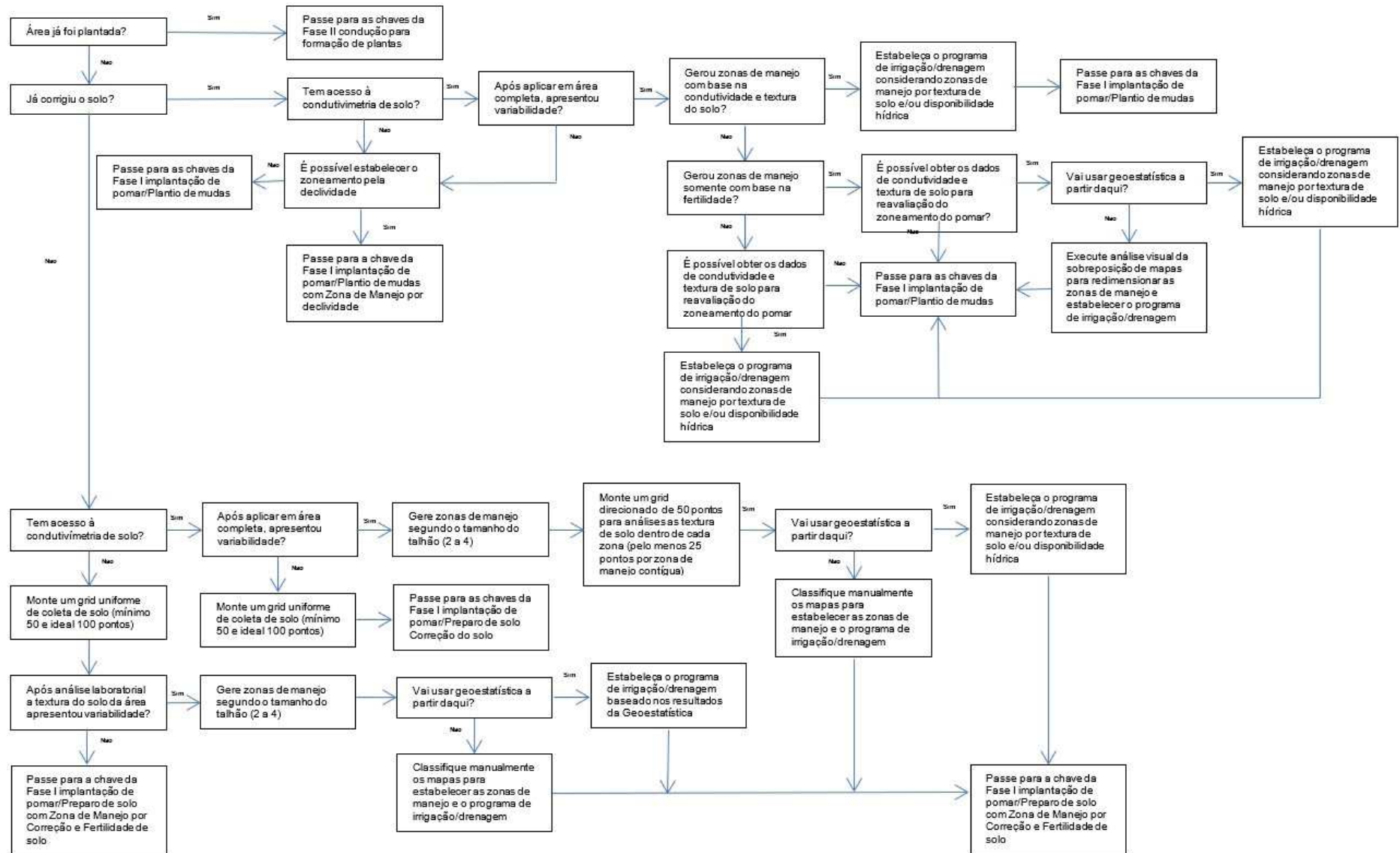
Uma vez que o objetivo neste momento é apoiar o usuário a entender a variabilidade do seu ambiente e torná-la mais fácil de ser trabalhada pelo agrupamento das “manchas” com características mais próximas em zonas maiores com maior chance de manejo, não se planejou fornecer as metodologias/orientações técnicas que o usuário pode/deve utilizar para a execução de eventuais ações corretivas para o manejo da variabilidade, uma vez que a aplicação dessas técnicas agronômicas são dependentes de cada ambiente e diferentes culturas, sendo que o usuário já deve dispor desse conhecimento antecipadamente para dar seguimento às correções apontadas pelas zonas de manejo geradas por esse algoritmo.

Quadro 1. Tipos de zonas de manejo possíveis de serem geradas segundo suas especialidades.

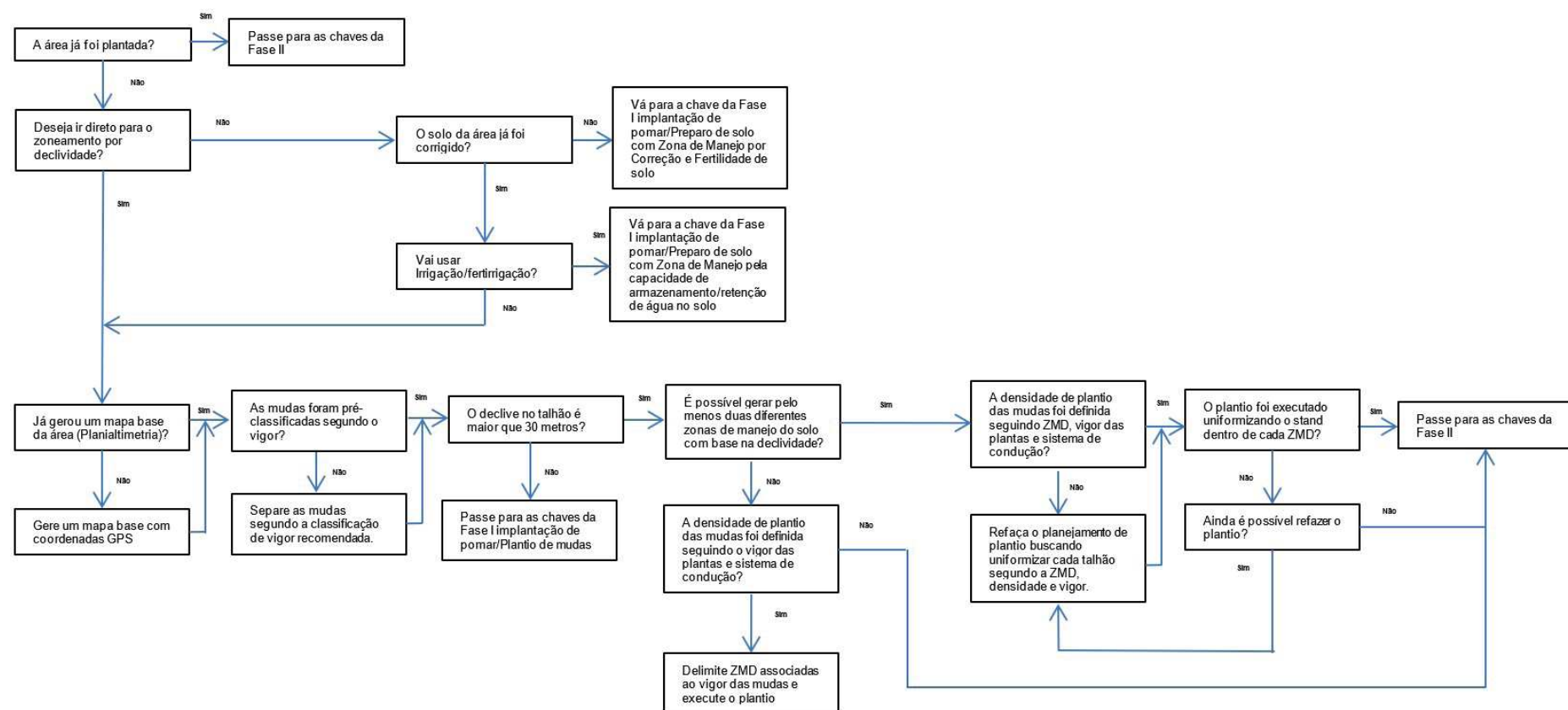
Fase I – Implantação do pomar
▪ Geração de zonas de manejo homogêneas com base em parâmetros de solo
• Fertilidade
• Capacidade de armazenamento/retenção de água no solo
• Topografia
Fase II – Geração de zonas de manejo homogêneas com base em condução e formação de plantas
▪ Geração de zonas de manejo homogêneas com base em parâmetros de planta
• Vigor
• Nutrição
• Quebra de dormência
Fase III – Geração de zonas de manejo homogêneas com base em manejo de pré-produção e colheita
• Raleio
• Fitossanidade
• Produção (previsão e colheita)



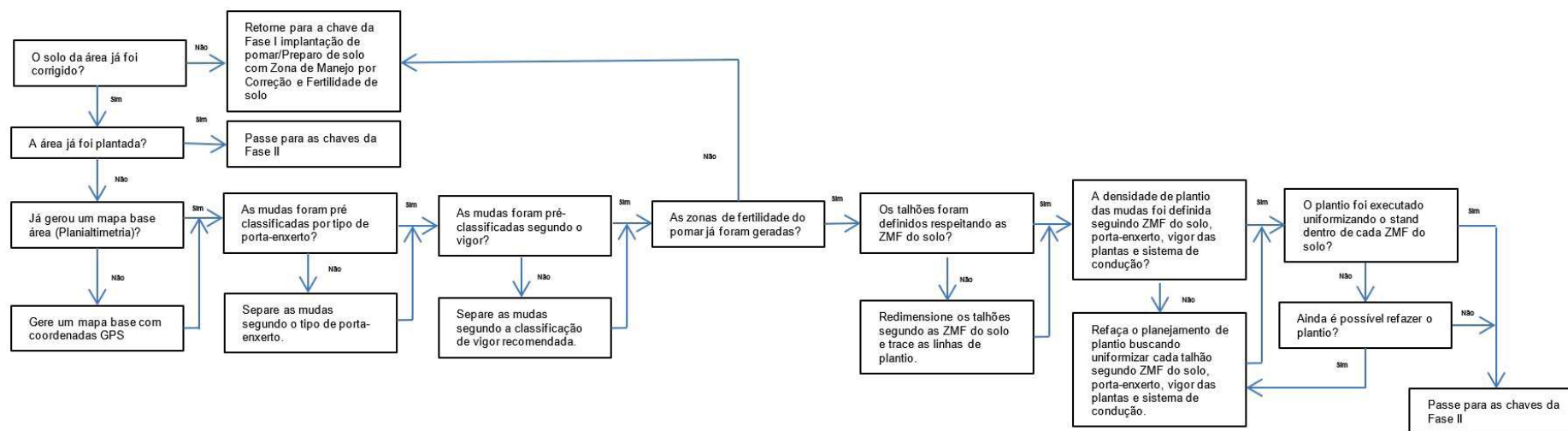
Fase I. Implantação de pomar/Preparo de solo com zona de manejo por correção e fertilidade de solo



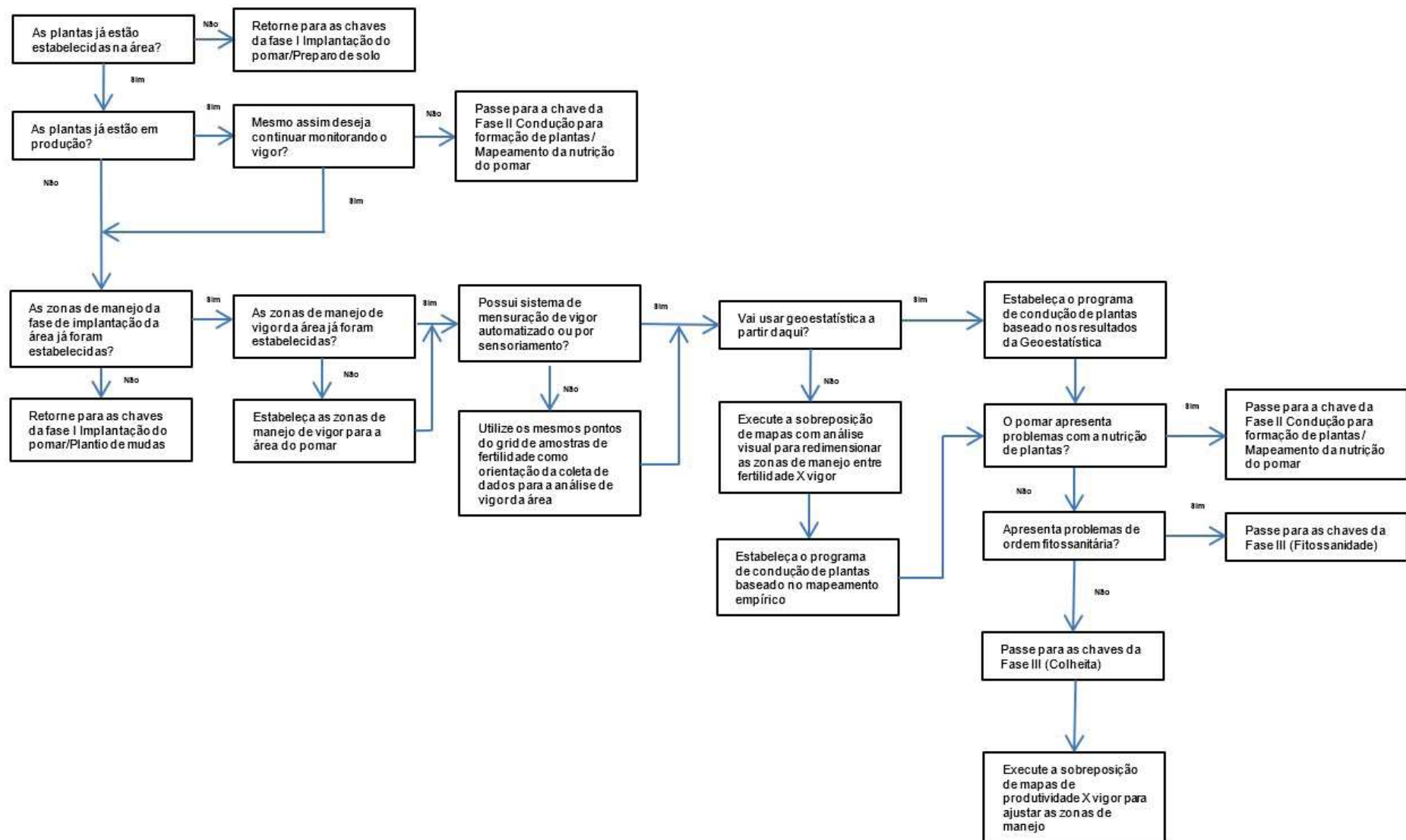
Fase I. Implantação de pomar/Preparo de solo com zona de manejo pela capacidade de armazenamento/retenção de água no solo



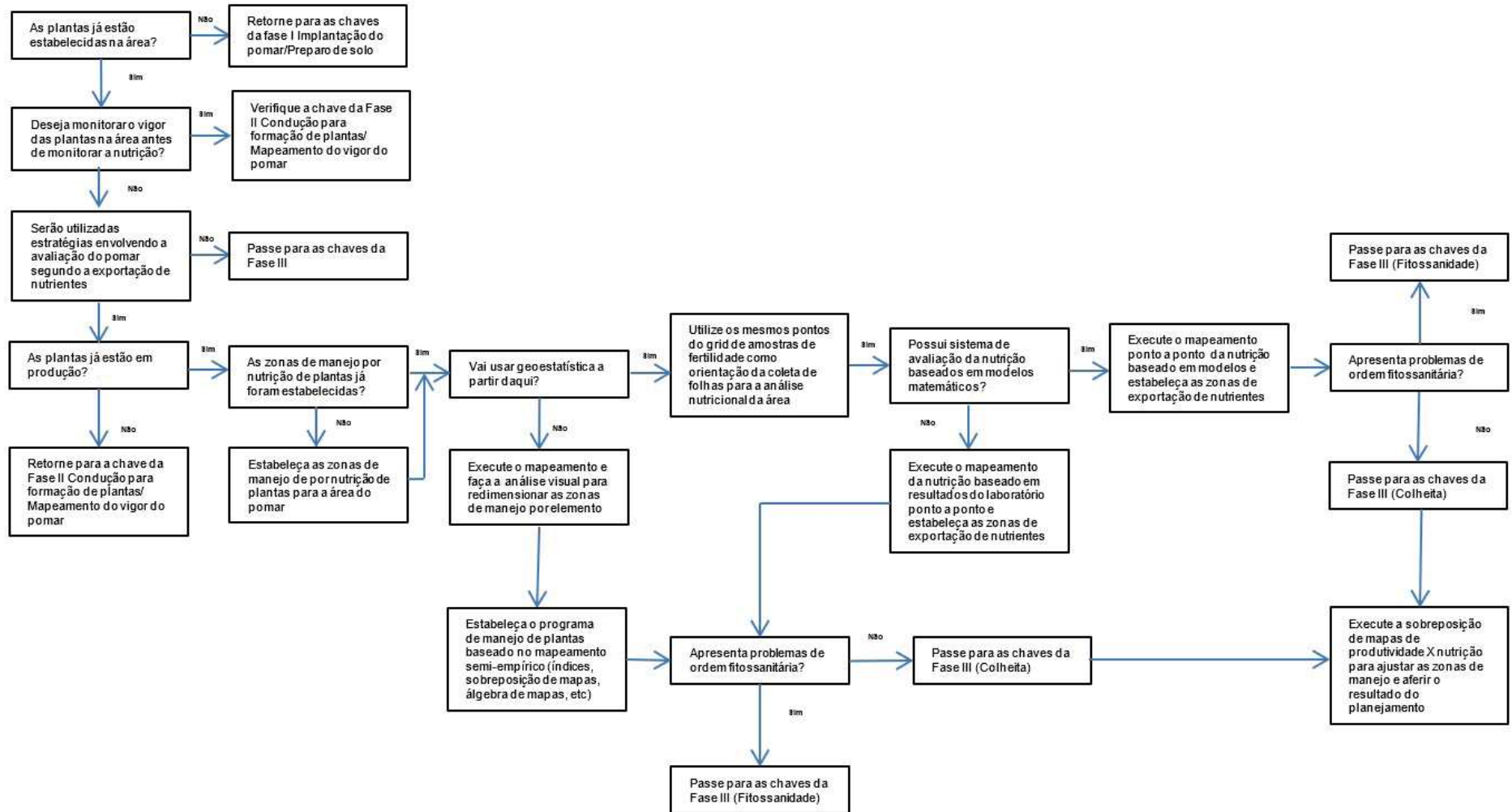
Fase I. Implantação de pomar/Plantio de mudas com zona de manejo por declividade (ZMD)



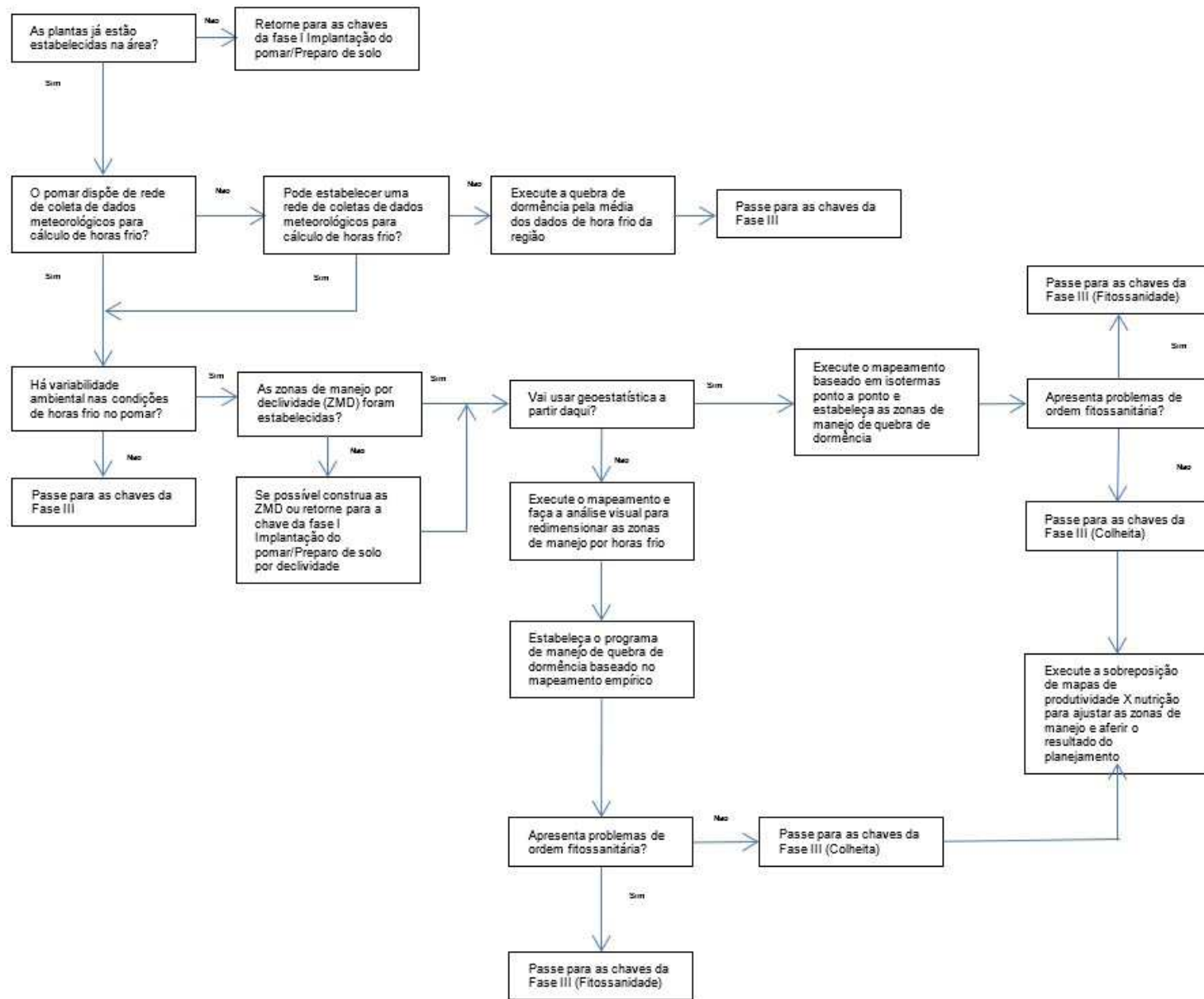
Fase I. Implantação de pomar/Plantio de mudas baseado na zona de manejo por fertilidade do solo (ZMF)



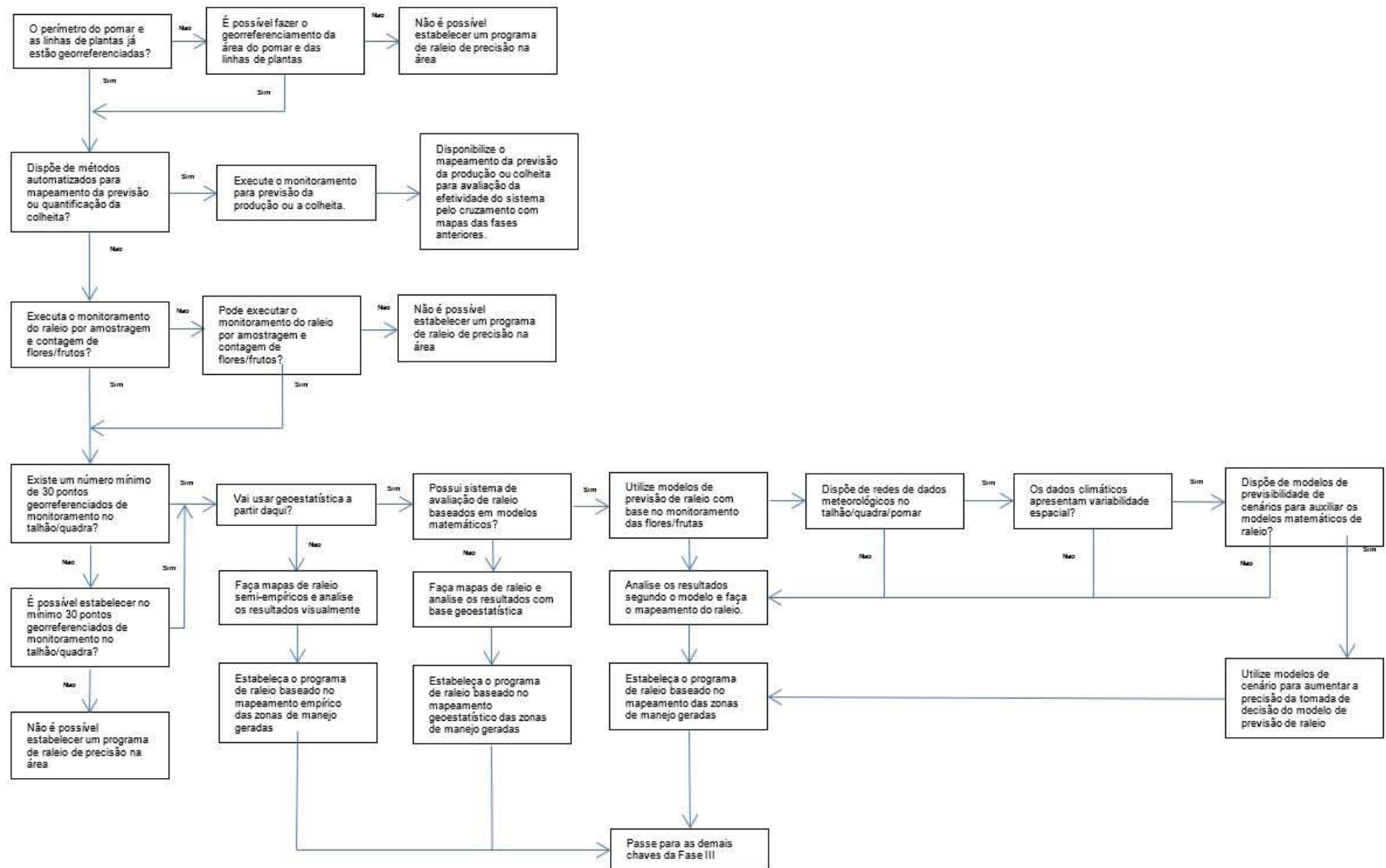
Fase II. Condução para formação de plantas/Mapeamento do vigor do pomar



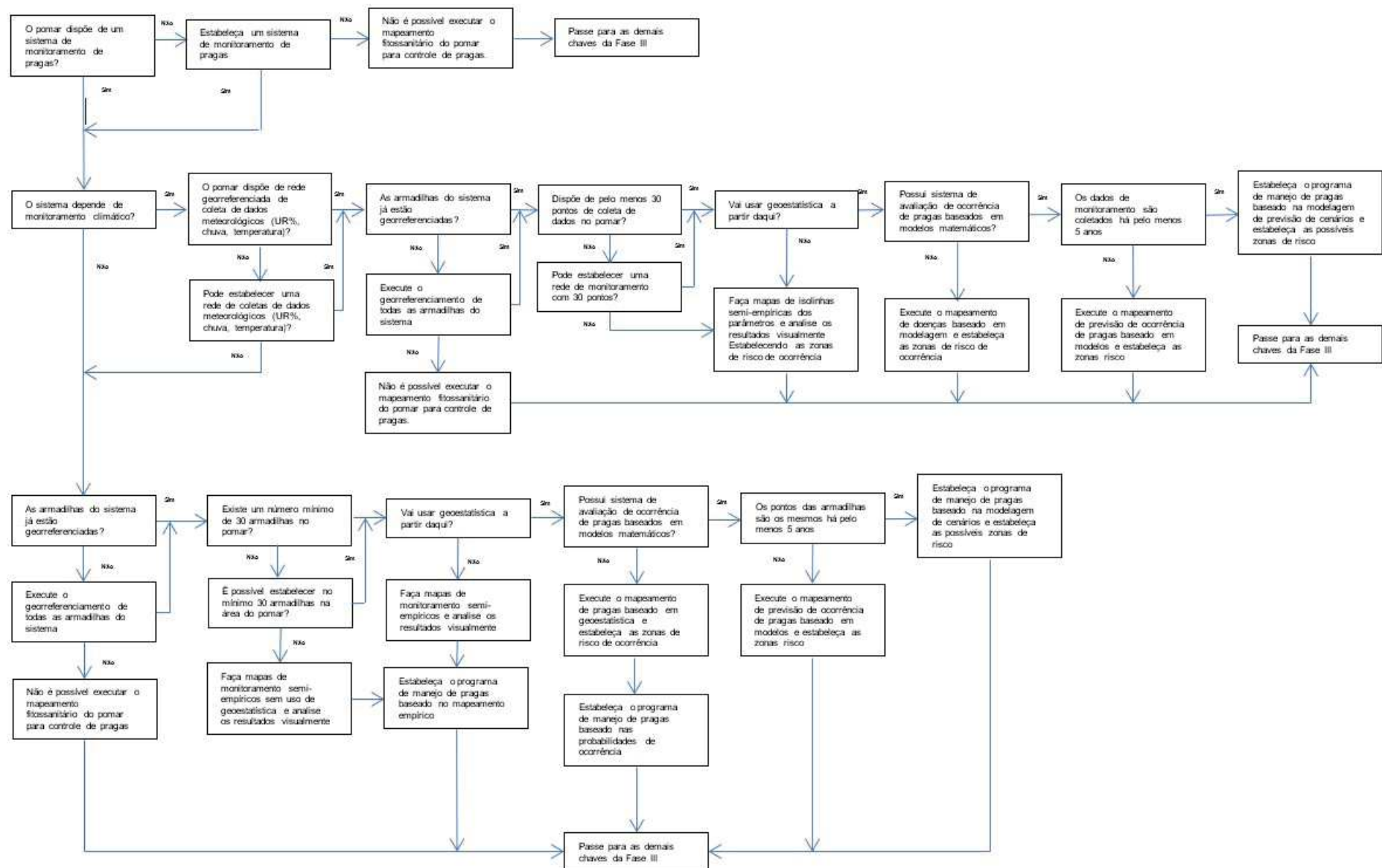
Fase II. Condução para formação de plantas/Mapeamento da nutrição do pomar



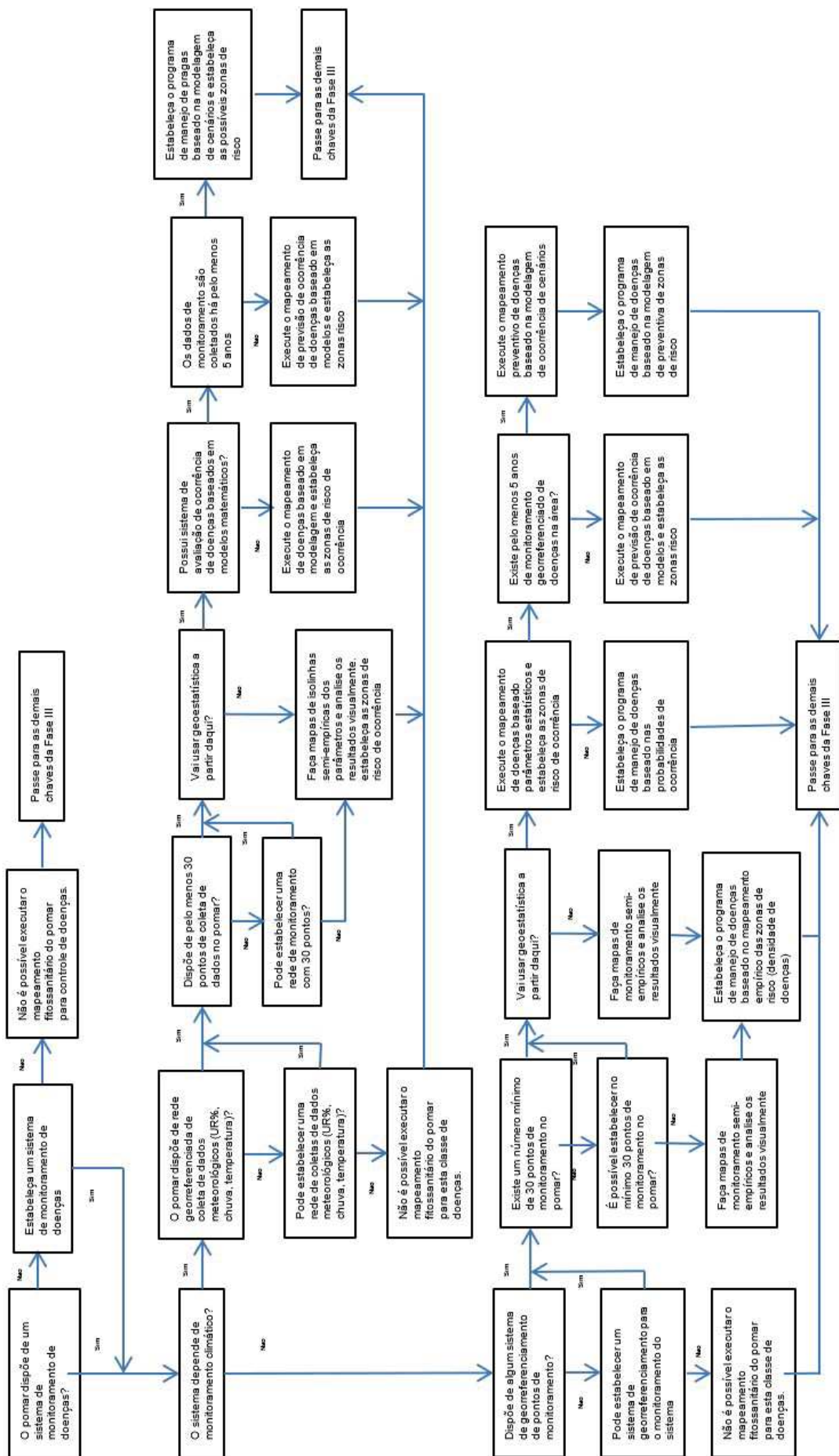
Fase II. Condução para formação de plantas/Mapeamento para quebra de dormência



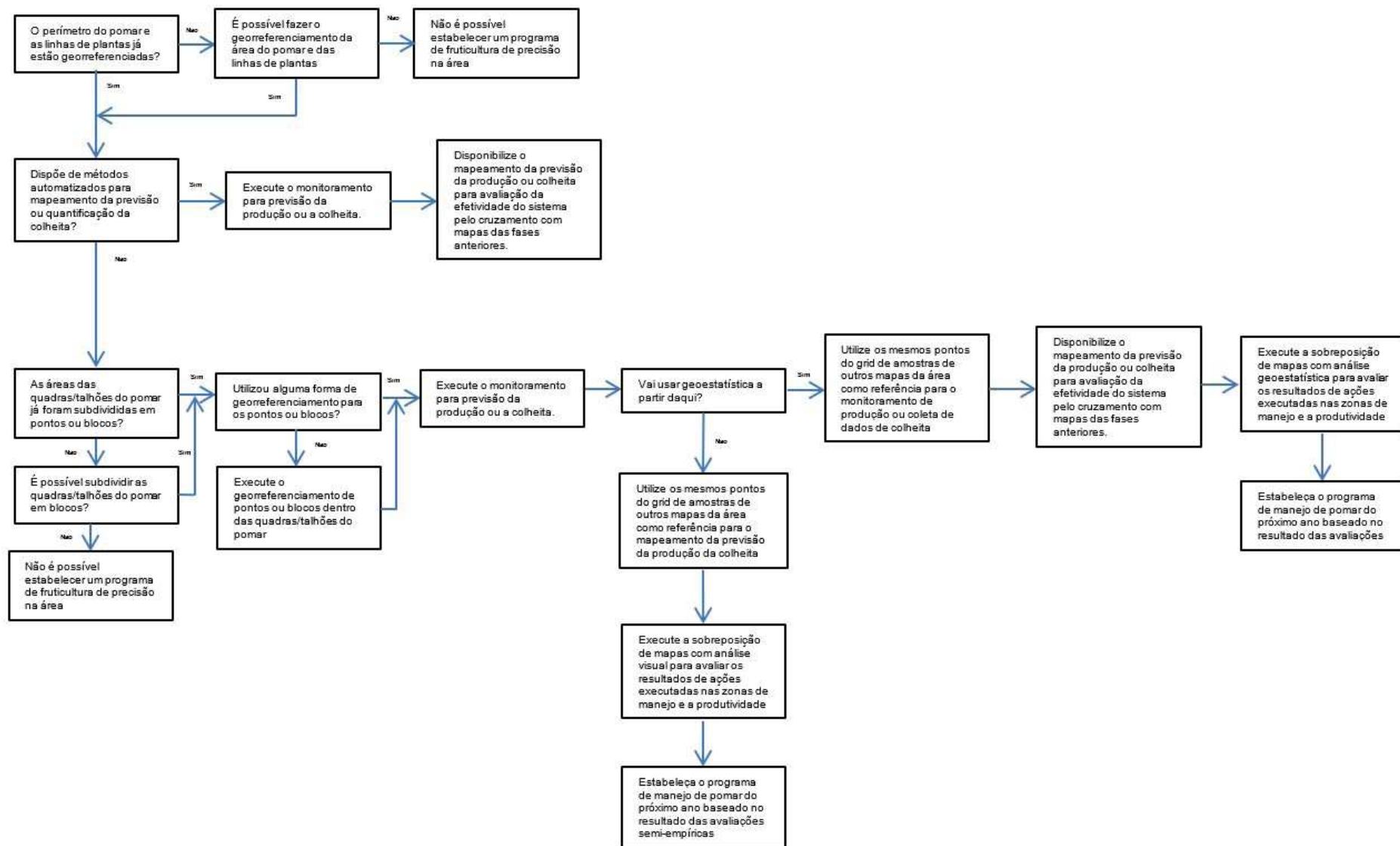
Fase III. Mapeamento fitotécnico do pomar/Raleio de frutos



Fase III. Mapeamento fitossanitário do pomar/Pragas



Fase III. Mapeamento fitossanitário do pomar/Doenças



Fase III. Mapeamento da colheita/Previsão da produtividade

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disponibilização desse algoritmo, na forma de um fluxograma, auxiliará os tomadores de decisão, técnicos ou produtores rurais na gestão de pomares de maçã, passando a considerar as diferentes zonas de manejo como um dos principais critérios disponíveis para o gerenciamento da variabilidade espacial e temporal. Com isso, será possível a redução de erros atualmente resultantes da adoção do parâmetro médio na ação decisória, com consequente aumento da eficiência técnico-produtiva.

REFERÊNCIAS

- BAZZI, C. L.; MARTINS, M. R.; CORDEIRO, B. E.; GEBLER, L.; DE SOUZA, E. G.; SCHENATTO, K.; DE PAULA FILHO, P. L.; SOBJAK, R. Yield map generation of perennial crops for fresh consumption. *Precision Agriculture*, v. 1, p. 698-711, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11119-021-09855-2>.
- CHILDERS, N. M.; MORRIS, J. R.; SIBBETT, G. S. Soil management for apples. In: CHILDERS, N. F. (ed.). **Modern Fruit Science: Orchard and small fruit culture**. 10 ed. Auburndale: AGScience Inc, 1995. p. 71-91.
- GEBLER, L.; GREGO, C. R.; VIEIRA, A. L.; KUSE, L. R. Spatial influence of physical and chemical parameters on management zone definition in apple orchards. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 1160-1171, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1160-1171/2015>.
- FERREE, D. C.; SCHUPP, J. R. Pruning and training physiology. In: FERREE, D. C.; WARRINGTON, I. J. (ed.). **Apples: botany, production, and uses**. Wallingford: CAB International, 2003. p. 319-344. DOI: <http://doi.org/10.1079/9780851995922.0319>.
- MANZANO, J. A. N. G.; OLIVEIRA, J. F. **Algoritmos: Lógica para desenvolvimento de programação de computadores**. 29. ed. São Paulo. Érica, 2019. 368p.