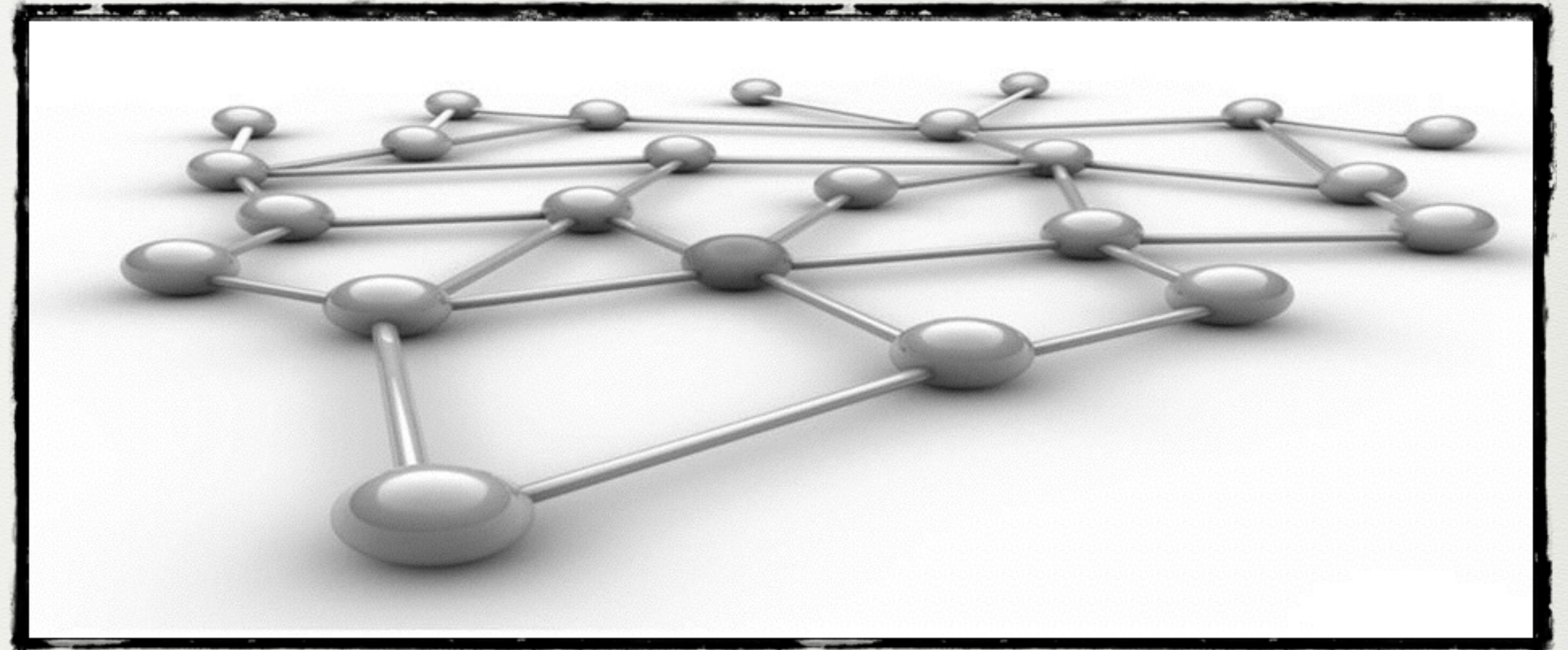


Resumo da aula anterior

- ZigBee
 - IEEE 802.15.4
 - Baixo consumo de energia
 - Simples
 - Baixa taxa de transmissão
 - 3 topologias
 - Estrela, árvore, malha
 - Coordenador, roteador, nó comum
 - CSMA/CA
 - *Slotted* CSMA/CA

Wireless Sensor Networks (WSN)

Redes de sensores sem fio



Fonte: <http://www.graystone-ind.com/wireless.html>

Sensores tradicionais

- Podem ser posicionados distantes do fenômeno real
 - Ruído do ambiente pode influenciar medidas
- Vários sensores só fazem sensoriamento
 - Posições dos sensores e topologia de comunicação são cuidadosamente planejadas
 - Transmitem séries temporais do fenômeno medido para nós centrais
 - Nós centrais realizam computações e fazem fusão de dados
- Novo modelo dado pelo conceito de rede de sensores

Redes de sensores - evolução

- Desenvolvimento de redes de sensores de baixo custo devido a avanços recentes em
 - Comunicação sem fio
 - Eletrônica
 - Mecânica
- Nós sensores estão em geral organizados em grupos (clusters)
 - Pelo menos um nó sensor deve ser capaz de
 - Detectar um evento na região de interesse
 - Processar o evento
 - Decidir se deve ou não difundir o resultado para outros nós
- Nós sensores podem também conter atuadores

Redes de sensores sem fio

- Comunicação entre nós sensores através de redes sem fio
- Meios como par trançado, cabo coaxial ou fibra óptica podem não ser viáveis
- Aplicações como monitoramento de floresta ou oceano
 - Número muito grande de sensores interconectados
 - Mobilidade

Redes de sensores sem fio

- Redes de sensores devem ser reconfiguráveis
- Sensores podem se tornar inativos
- Novos sensores podem ser conectados à rede

Redes de sensores de fio

- Envolvem um grande número de sensores
- Colocados densamente dentro ou perto do fenômeno a ser observado
- Posição dos sensores não precisa ser planejada ou predeterminada
- Permite uma disposição aleatória em terrenos inacessíveis ou operações de socorro após desastres
- Com isso, protocolos e algoritmos devem possuir capacidade de auto-organização

Redes de sensores sem fio

- Possuem capacidade de esforço cooperativo
 - Nós sensores processam dados localmente
 - Nós sensores enviam os dados processados para os nós responsáveis pela fusão dos dados
 - Melhoria do desempenho na detecção de eventos
 - Leituras de maior precisão
 - Rede mais robusta e menos vulnerável às falhas de um único sensor
 - Economia de energia
 - Redução da quantidade de mensagens e dados

Redes de sensores sem fio

- Sensor “inteligente”
 - Circuito integrado que contém um ou mais sensores
 - Sensores controlados por uma lógica
- Geralmente existe uma relação de igualdade entre os sensores
 - Peer-to-Peer

Principais tarefas de sensores

- Sensoriamento
- Realização de processamento local de dados
- Transmissão dos dados

Características de sensores

- Baixa potência
- Multifuncionais
- Pequenos
- Permitem comunicação sem fio
- Baratos

Redes de sensores são diferentes das redes ad hoc tradicionais

WSNs *versus* MANETs

- Número de sensores é bem maior
- Nós sensores são colocados densamente
- Nós sensores são mais propensos a falhas
- Topologia dos nós sensores pode variar frequentemente
 - Falhas
- Nós sensores usam principalmente comunicação por difusão
- Maioria das redes ad hoc usa comunicação ponto-a-ponto

WSNs *versus* MANETs

- Nós sensores são limitados
 - Energia
 - Capacidade computacional
 - Memória
- Nós sensores podem não ter identificação global devido a
 - Grande quantidade de overhead
 - Grande número de sensores

WSNs *versus* MANETs

- Nós sensores tendem a executar uma função colaborativa
 - Em redes ad hoc tradicionais, cada nó executa em geral tarefas distintas
- Redes centradas em dados x redes centradas em nós

Tipos de sensores

- Sísmicos
- Térmicos
- Visuais
- Acústicos
- Radares

Monitoramento com sensores

- Temperatura
- Umidade
- Movimento veicular
- Condição de iluminação
- Pressão
- Composição de solo
- Níveis de ruído
- Velocidade
- Direção

Aplicações

- Segurança
- Controle
- Atuação e manutenção de sistemas complexos
- Monitoramento de ambientes internos e externos

Principais áreas de aplicação

- Militar
- Smart Home
- Smart Care
- Smart City
- Smart Factory
- Smart Agriculture

Aplicações militares

- Monitoramento de forças aliadas, equipamentos e munição
 - Pequenos sensores indicam o estado
 - Dados coletados e enviados para os líderes da tropa ou níveis mais altos na hierarquia
- Vigilância de campo de batalha
- Reconhecimento de forças inimigas e terreno
- Avaliação de prejuízos de batalha
- Detecção e reconhecimento de ataques nucleares, biológicos e químicos

Aplicações ambientais

- Monitoramento de condições ambientais que afetam a colheita e os animais
- Irrigação
- Detecção de fogo em florestas
 - Pode-se determinar a origem e evitar o espalhamento
- Detecção de enchentes
 - Através do nível das águas, tempo
- Mapeamento biocomplexo do ambiente
 - Satélites não conseguem observar a biodiversidade de tamanho pequeno

Aplicações de saúde

- Monitoramento de dados fisiológicos humanos
 - Identificação de sintomas predefinidos mais cedo
 - Melhor qualidade de vida do que em Centros Médicos
- Rastreamento e monitoramento de profissionais de saúde e pacientes em hospitais
- Acompanhamento de
 - Pulsação
 - Pressão sanguínea
- Administração de medicamentos em hospitais
 - Sensores identificam alergias e medicamentos requisitados

Aplicações domiciliares

- Automação
 - Ambiente inteligente
- Segurança

Aplicações cidades inteligentes

- Controle em prédios públicos e de escritórios
 - Ar-condicionado
 - Aquecimento
- Museus interativos
- Detecção e monitoramento de roubo de carros
 - Área geográfica
- Rastreamento e detecção de veículos
- Controle de trânsito

Áreas remotas e de difícil acesso

- Interior de máquinas grandes
- Fundo do mar
- Campo contaminado biologicamente ou quimicamente
- Campo de batalha

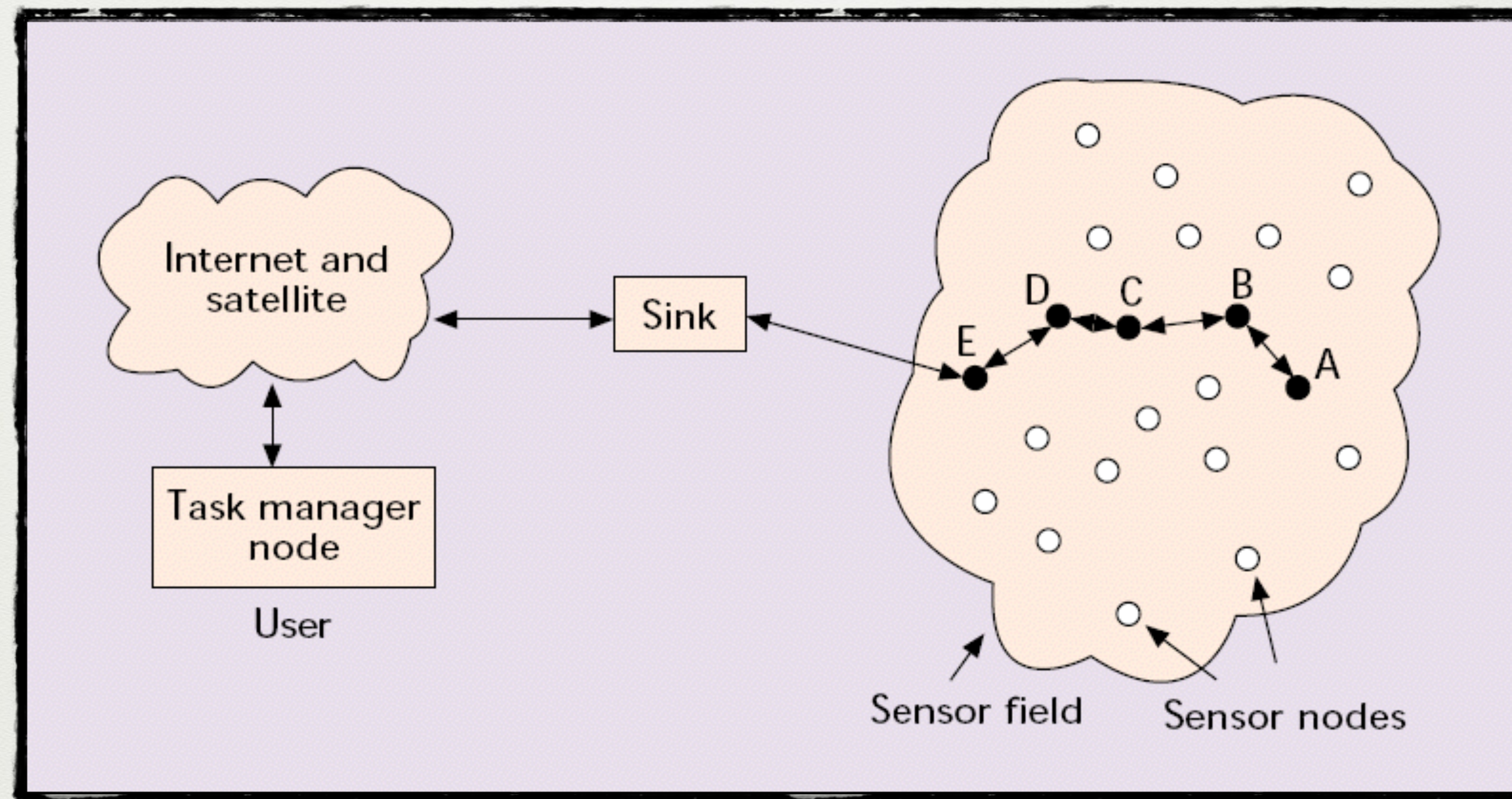
Arquitetura de WSN

- Nós sensores
- Nó sorvedouro (sink)
- Nó gerente de tarefas
- Em princípio, todos os nós podem ser fonte, sorvedouro ou intermediário
- Nós sensores geralmente espalhados em um campo de sensores
- Nós sensores com capacidade de
 - Coletar dados
 - Rotear os dados para um sorvedouro
 - Através de comunicações de múltiplos saltos (multihop)

Arquitetura WSN

- Nó sorvedouro
 - Pode se comunicar com o nó gerente de tarefas através da Internet ou de satélite
 - Função de Gateway
 - Podem existir mais de um nó sorvedouro
 - Hierarquia

Cenário de WSN



Fonte: I. F. Akyildiz et al., "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, 2002

Requisitos de WSN

- Tolerância a falhas
- Escalabilidade
- Custos de produção
- Limitações de hardware
- Topologia
- Ambiente operacional
- Meio de transmissão
- Consumo de energia

Tolerância a falhas

- Sensores podem falhar por
 - Falta de energia
 - Dano físico
 - Interferência do ambiente
- Falha de nós sensores não deve afetar a tarefa geral da rede de sensores

Escalabilidade

- Número de sensores
 - Pode ser da ordem de centenas, milhares ou milhões
- Projetos de redes de sensores sem fio
 - Devem ser capazes de lidar com esse número de sensores

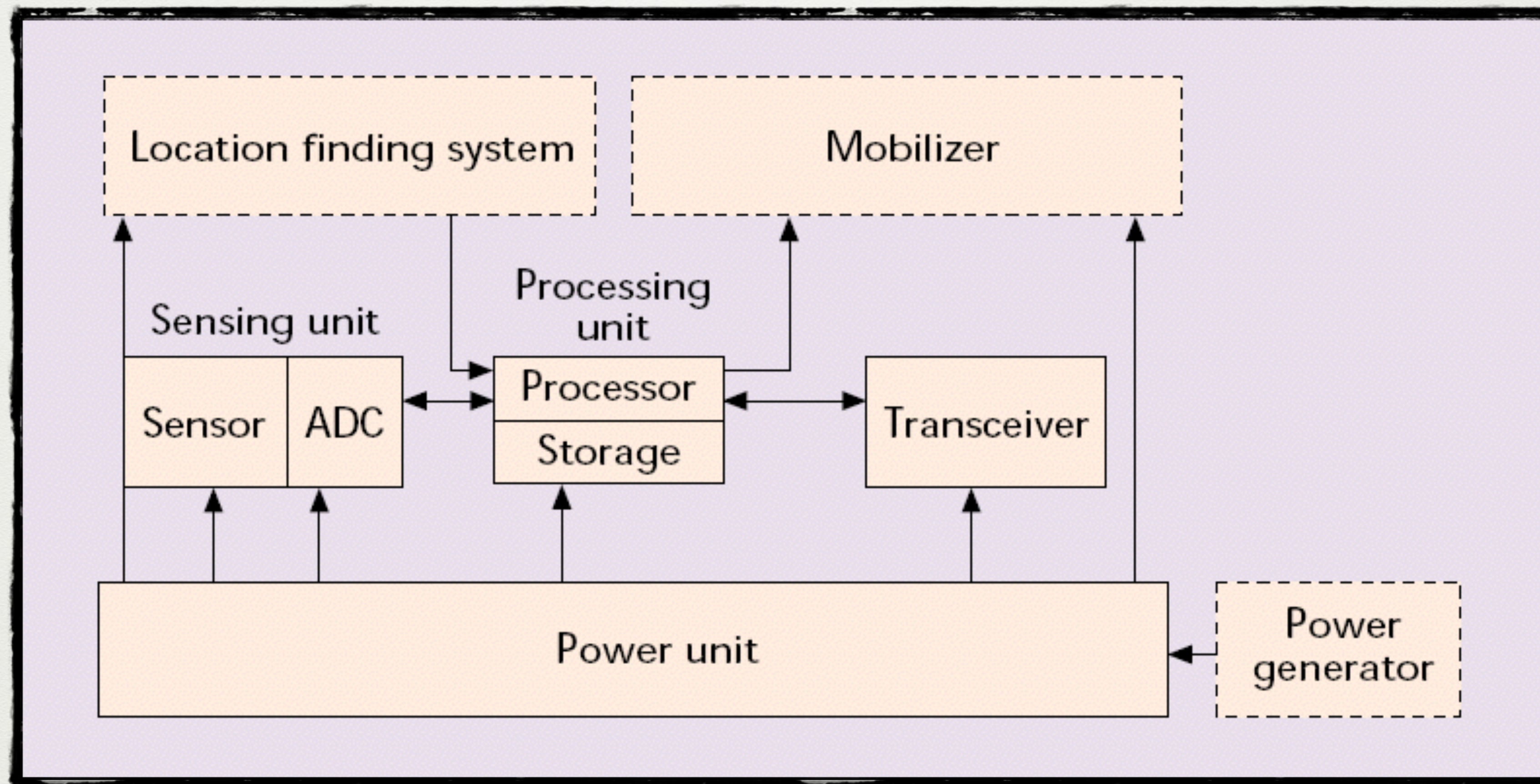
Custo da rede

- Rede composta por muitos sensores
 - Custo de um sensor é muito importante
 - Para justificar o custo total da rede
- Custo de um sensor deve ser de menos do que US\$1
 - Custo de um rádio Bluetooth da ordem de US\$10

Restrições de *Hardware*

- Sensor é composto de quatro componentes básicos
 - Unidade de sensoriamento
 - Unidade de processamento
 - Unidade transceptora
 - Unidade de energia
- Outros componentes podem ser necessários
 - Sistema de localização
 - Gerador de energia
 - Unidade de movimentação

Componentes do sensor



Fonte: I. F. Akyildiz et al., "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, 2002

Componentes do sensor

- Unidade de sensoriamento
 - Sensor
 - Conversor A/D
- Unidade de processamento
 - Geralmente associada a uma pequena unidade de armazenamento
 - Gerencia os procedimentos que fazem o nó sensor colaborar com outros nós

Componentes do sensor

- Unidade transceptora
 - Módulo de comunicação
 - Conecta o nó à rede
- Unidade de energia
 - Pode-se extrair energia do ambiente
 - Baterias solares
 - Colheita de energia (energy harvesting)

Componentes do Sensor

- Sistema de localização
 - Muitas vezes é necessário o conhecimento da localização dos sensores
 - Roteamento
 - Tarefas de sensoriamento

Topologias

- Dependem da aplicação
- Distância entre nós de algumas dezenas de metros
- Densidade de nós pode chegar a 20 nós/m^3
- Dinâmica pode ser grande
 - Energia disponível
 - Falhas
 - Novos sensores

Meio Físico

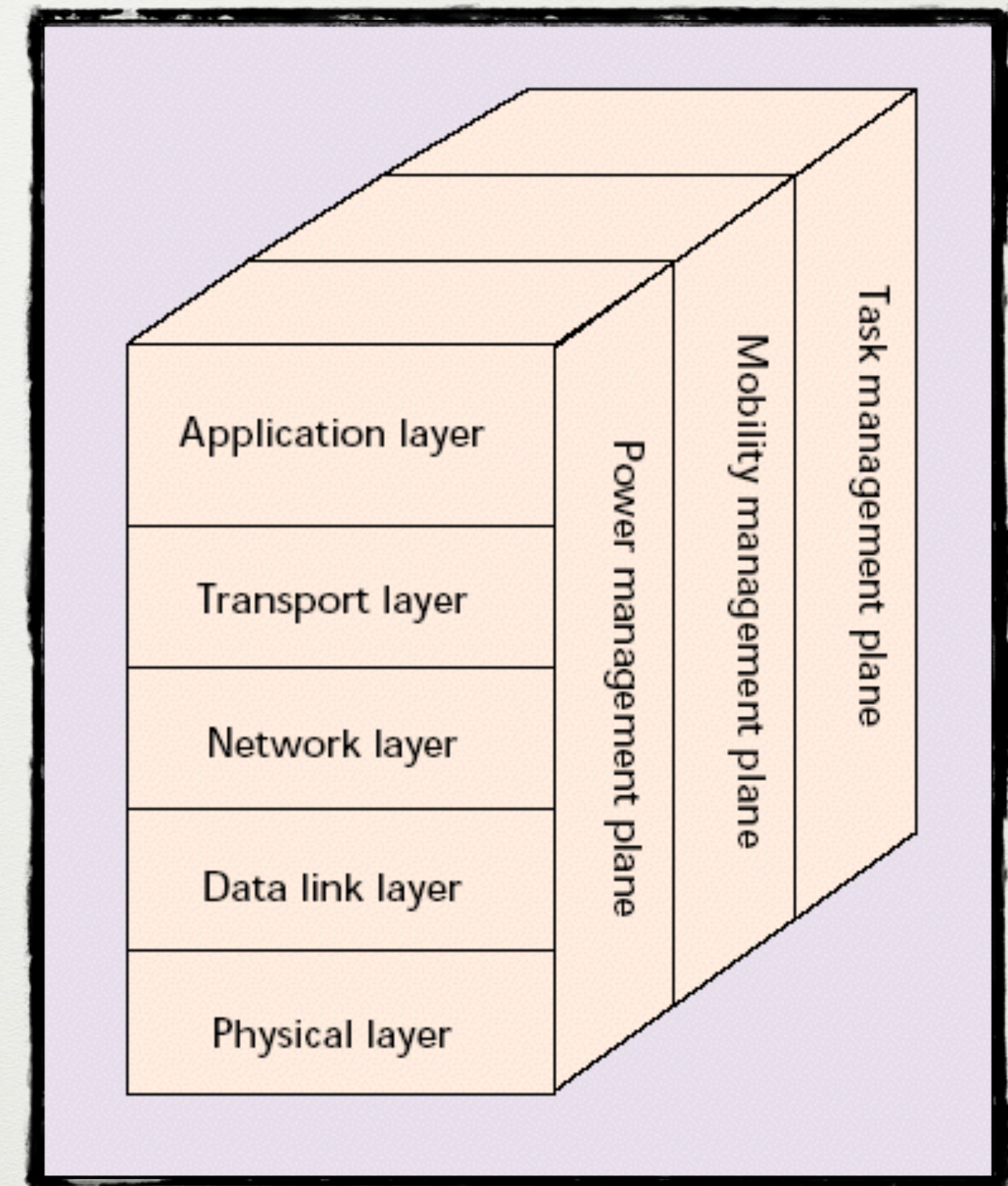
- Enlaces podem ser formados por
 - Rádio
 - Maioria dos sensores é baseada em RF
 - Uso das faixas de 900 MHz e 2,4 GHz
 - Infravermelho
 - Robusto a interferência de dispositivos elétricos
 - Transceptores mais baratos
 - Porém requer linha de visada

Consumo de energia

- Sensoriamento
 - Detecção de eventos
- Comunicação
 - Gasta mais energia
 - Transmissão em geral gasta mais do que a recepção
- Processamento de dados
- Estudos indicam que são equivalentes em termos de energia
 - Envio de 1 KB a 100 m
 - Execução de 3 milhões de instruções em um processador de 100 milhões de instruções por segundo
 - Processamento de dados é essencial para diminuir o consumo de energia

Arquitetura de protocolos

- Gerenciamento de energia
 - Liga/desliga o receptor
 - Sensoriamento de acordo com a energia restante
- Gerenciamento de tarefas
 - Distribuição de tarefas
- Gerenciamento de mobilidade
 - Localização
 - Vizinhança

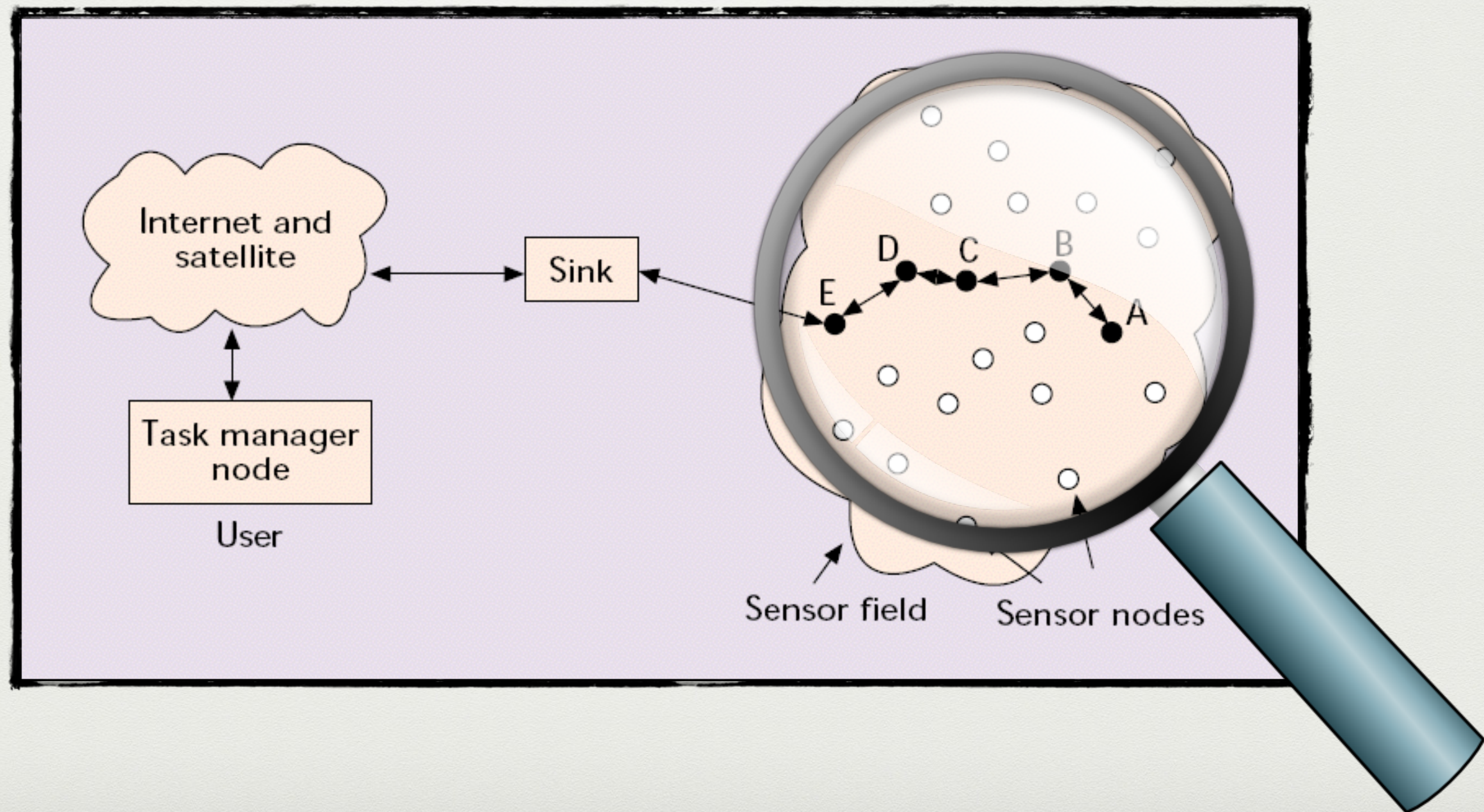


Fonte: I. F. Akyildiz et al.,

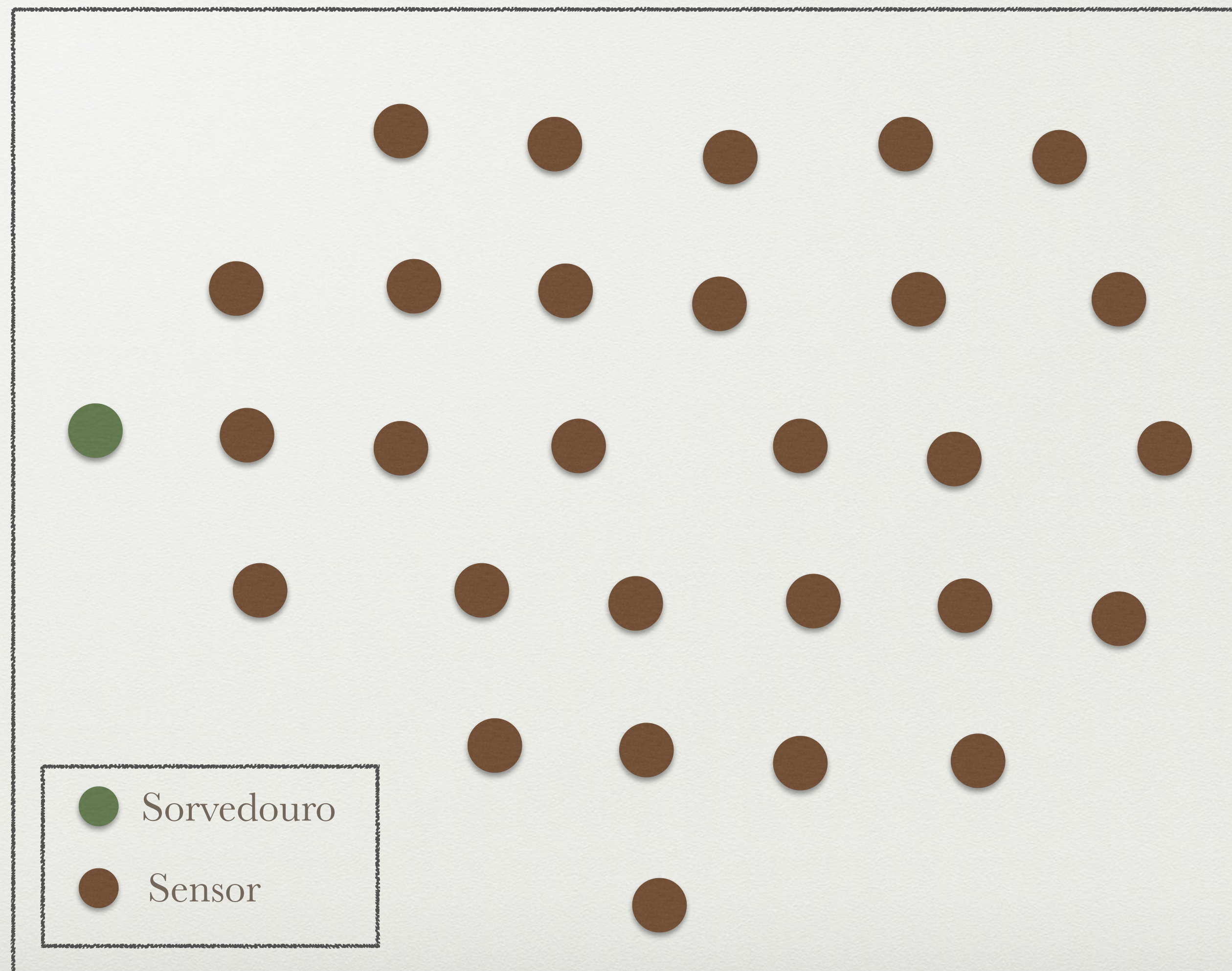
Autonomic networks

- Redes autonômicas
 - Self organization
 - Self configuration
 - Self healing
 - Self *

Disseminação da informação

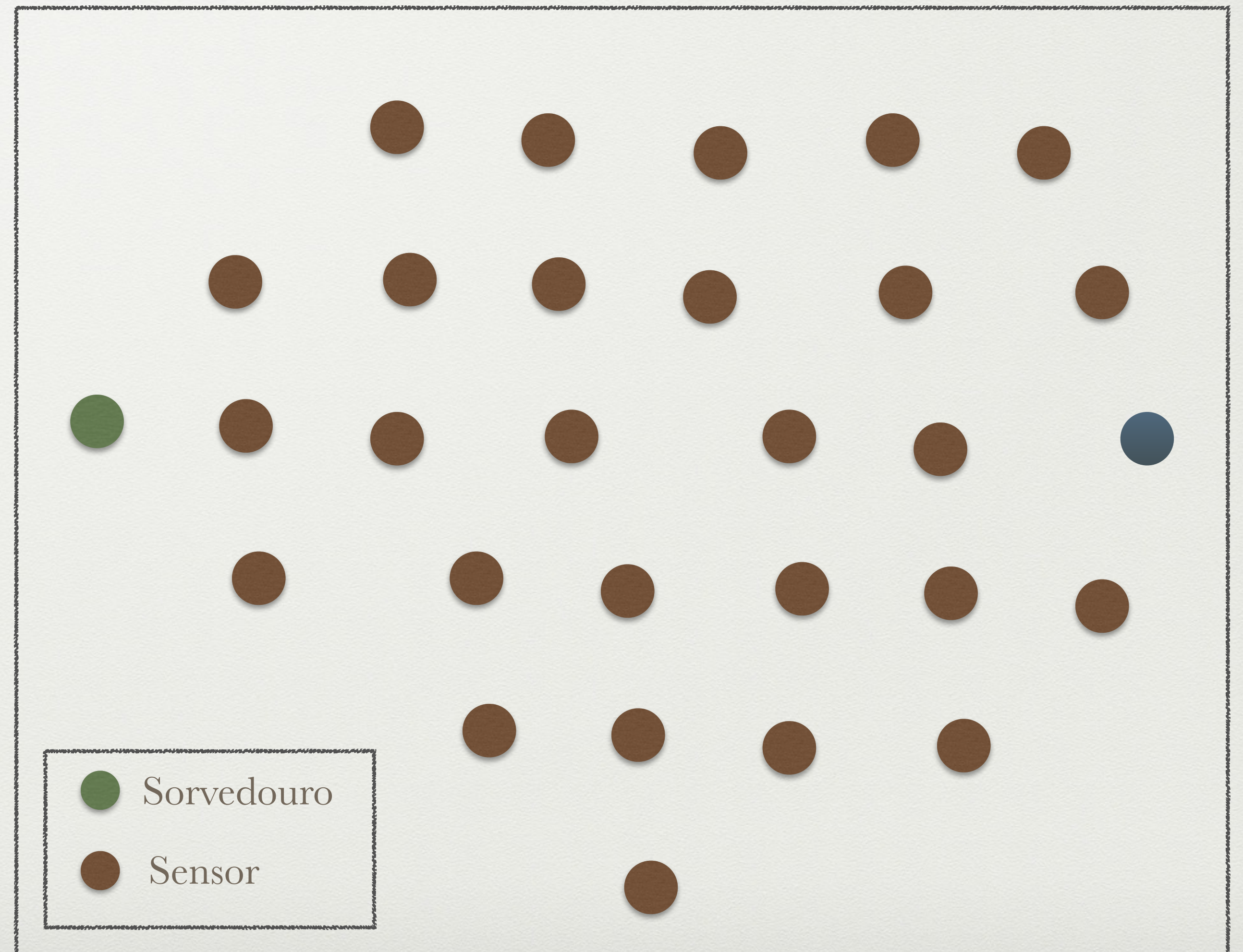


Disseminação da informação



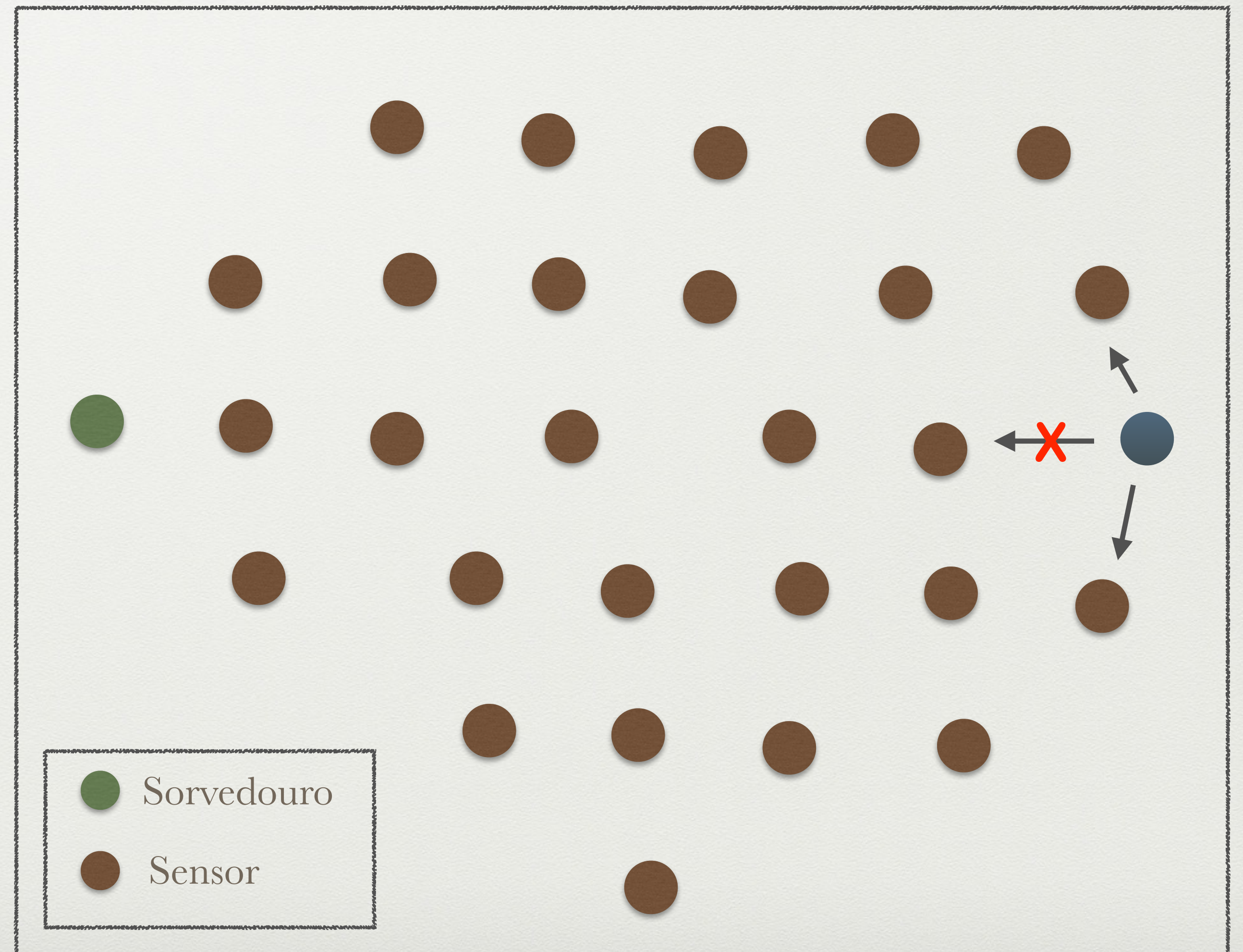
Disseminação da informação

- Inundação
 - Nó envia em broadcast para todos os vizinhos
 - Vizinhos repetem ação
 - Até informação chegar no Sorvedouro



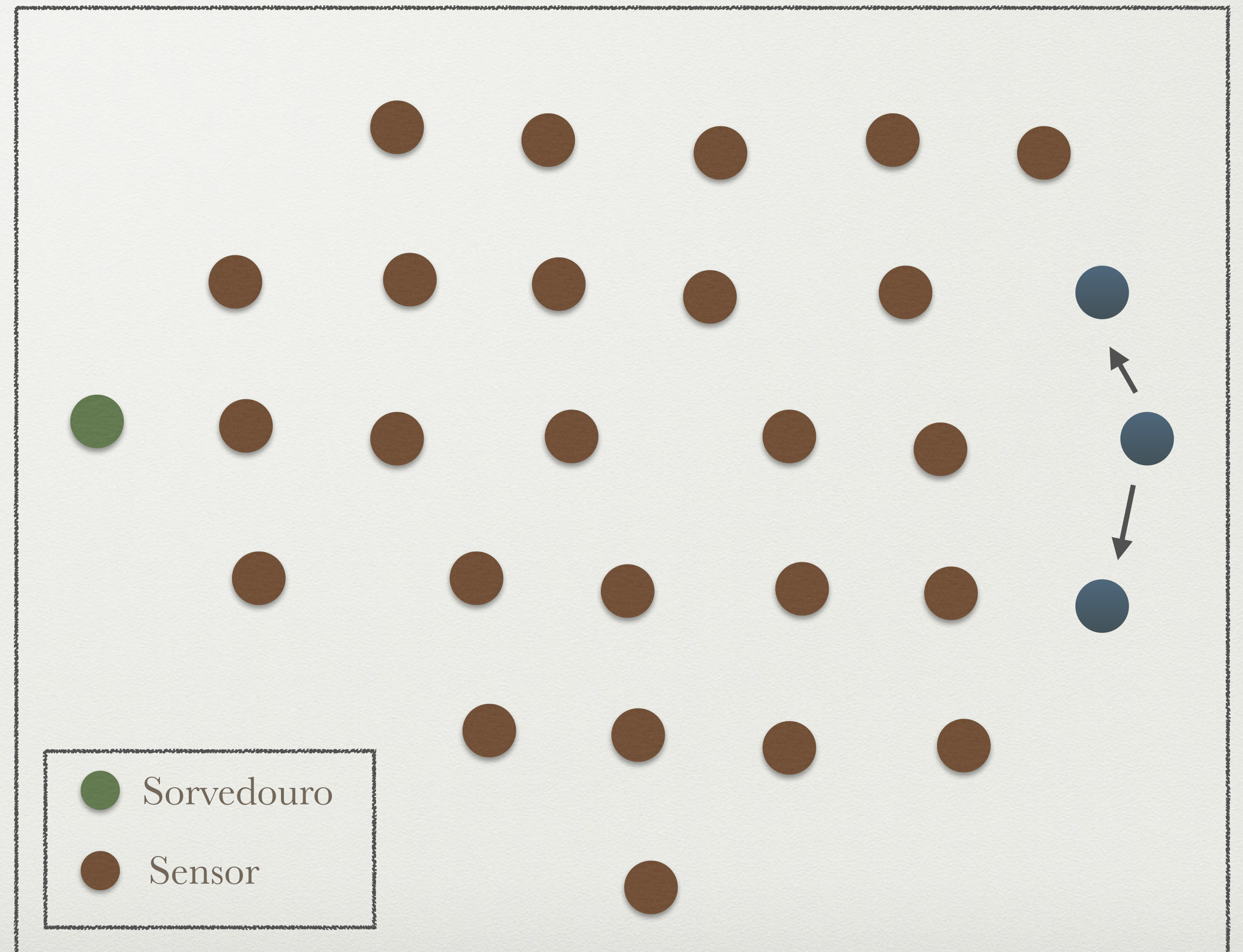
Disseminação da informação

- Inundação
 - Nó envia em broadcast para todos os vizinhos
 - Vizinhos repetem ação
 - Até informação chegar no Sorvedouro



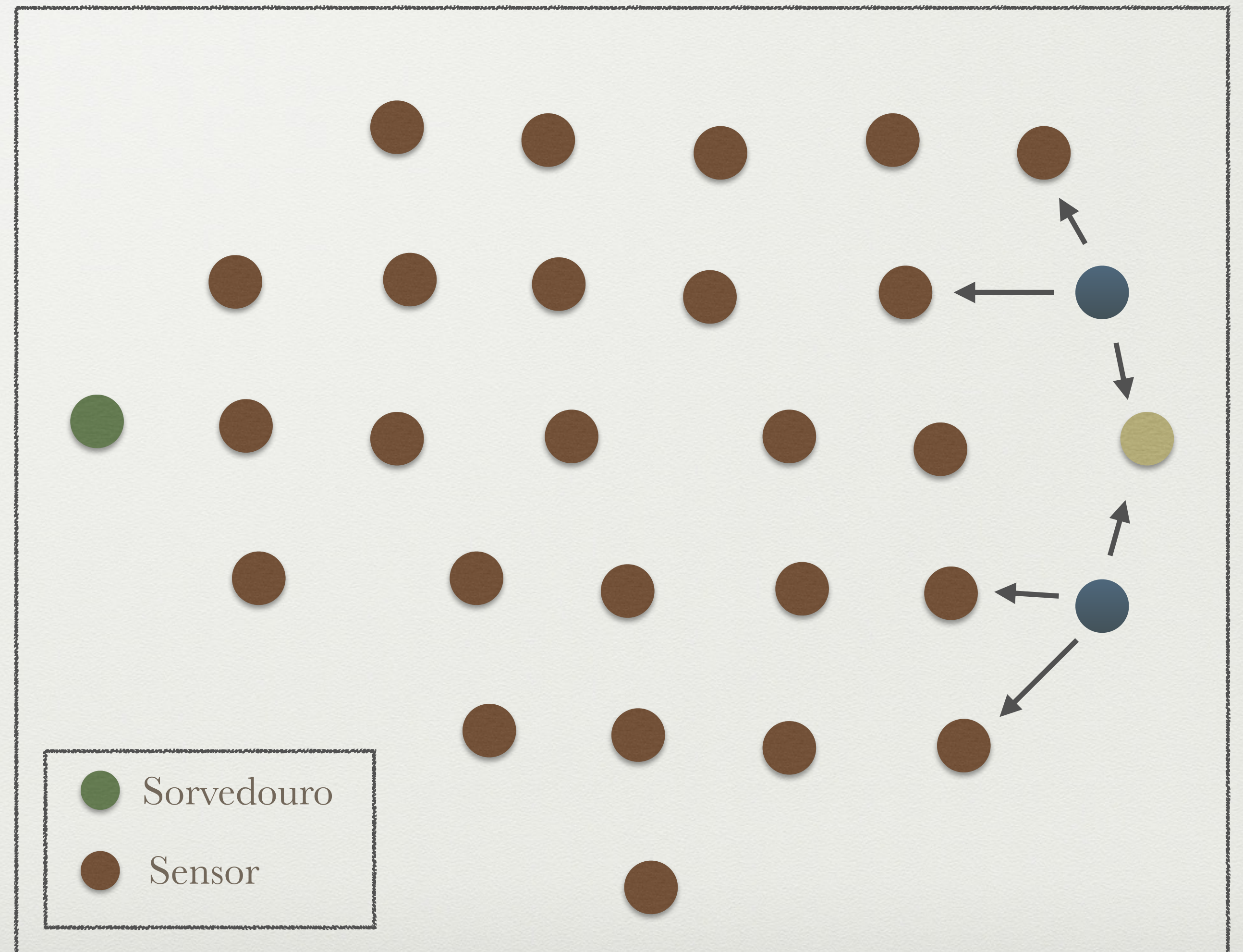
Disseminação da informação

- Inundação
 - Nó envia em broadcast para todos os vizinhos
 - Vizinhos repetem ação
 - Até informação chegar no Sorvedouro



Disseminação da informação

- Inundação
 - Nó envia em broadcast para todos os vizinhos
 - Vizinhos repetem ação
 - Até informação chegar no Sorvedouro



Problemas da Inundação

- Todos os nós transmitem ao menos uma vez a mensagem
- Quantidade de mensagens
 - Proporcional ao número de nós da rede
- Recebimento de uma mensagem
 - Pode ser mais de uma vez
- **Alto consumo de energia**

Roteamento

- Restrições de recursos dos dispositivos
- Roteamento simples

Roteamento tradicional

- Protocolos de roteamento
 - Construção e atualização da tabela de roteamento
 - Atualização é periódica
 - Pode ser custoso para uma rede de sensores

Roteamento em redes Ad hoc

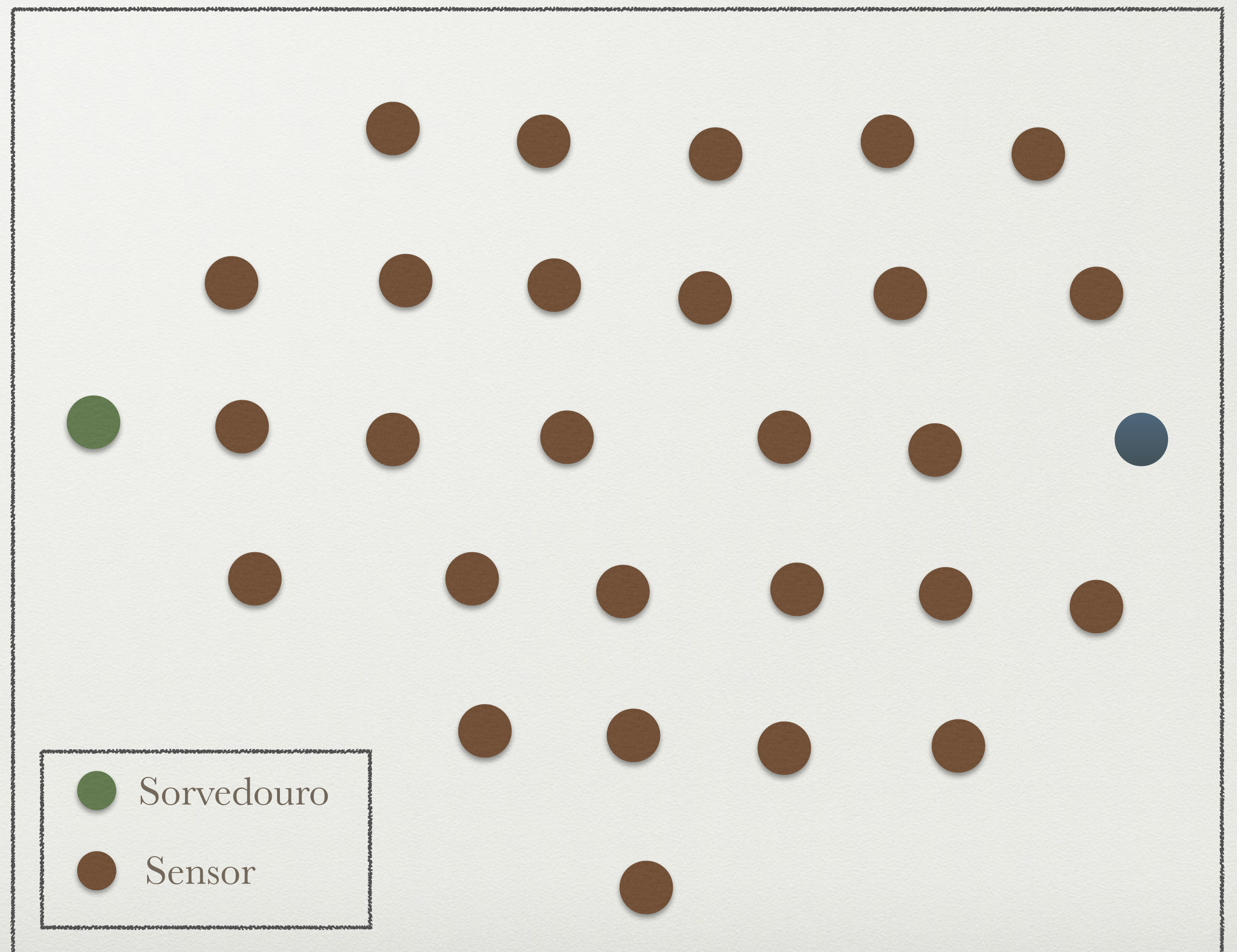
- Protocolos pró-ativos
 - Protocolos de roteamento tradicionais
 - DSDV
- Protocolos reativos
 - AODV
 - DSR

AODV - Ad hoc On-demand Distance Vector

- *Route Discovery*
 - Descoberta de rotas quando necessário
- *Route Request*
 - *Broadcast*
- Cada nó que recebe
 - Atualiza o custo do caminho e reenvia em *broadcast*

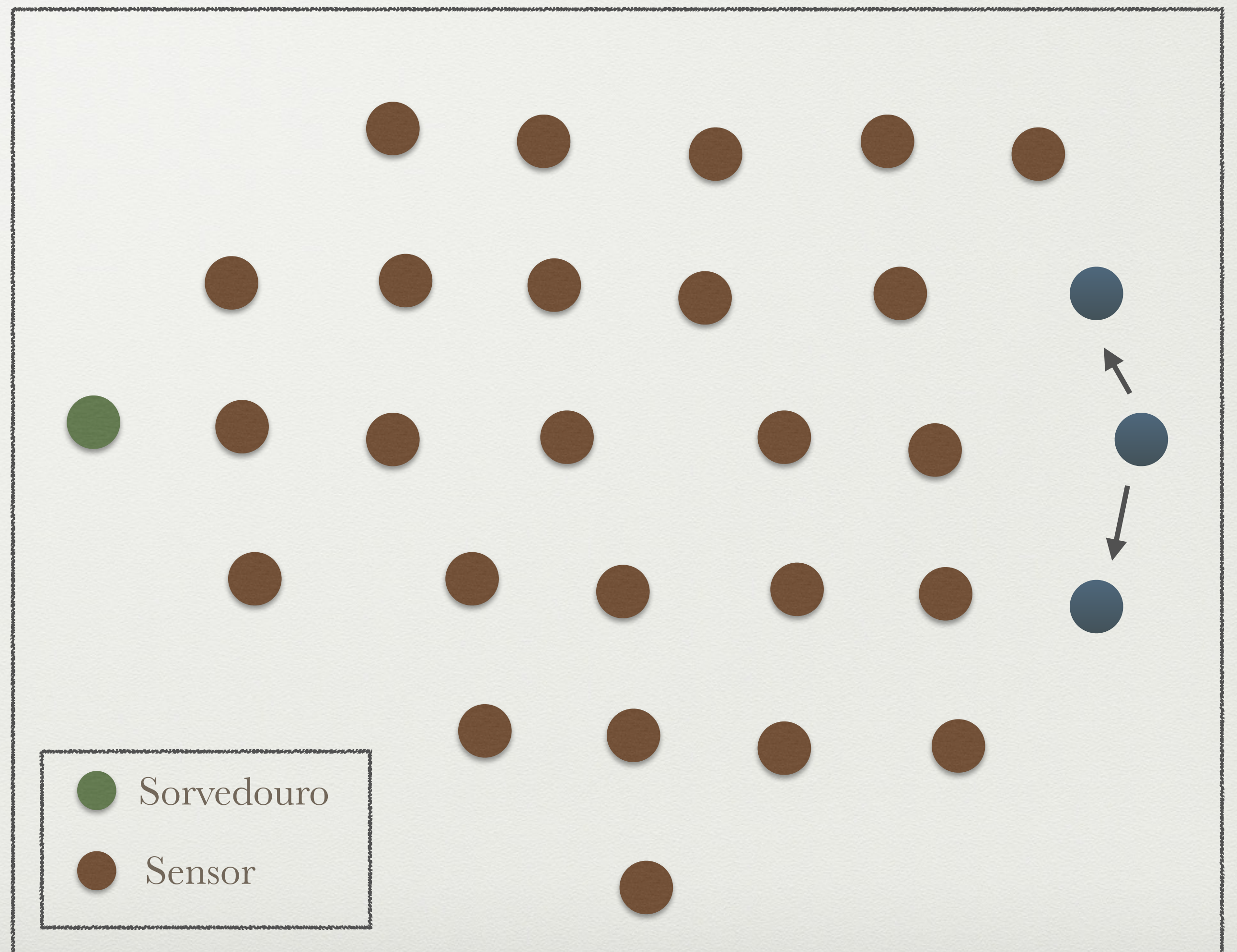
AODV - Route Discovery

- Nó transmissor envia RR
- Endereço do destino



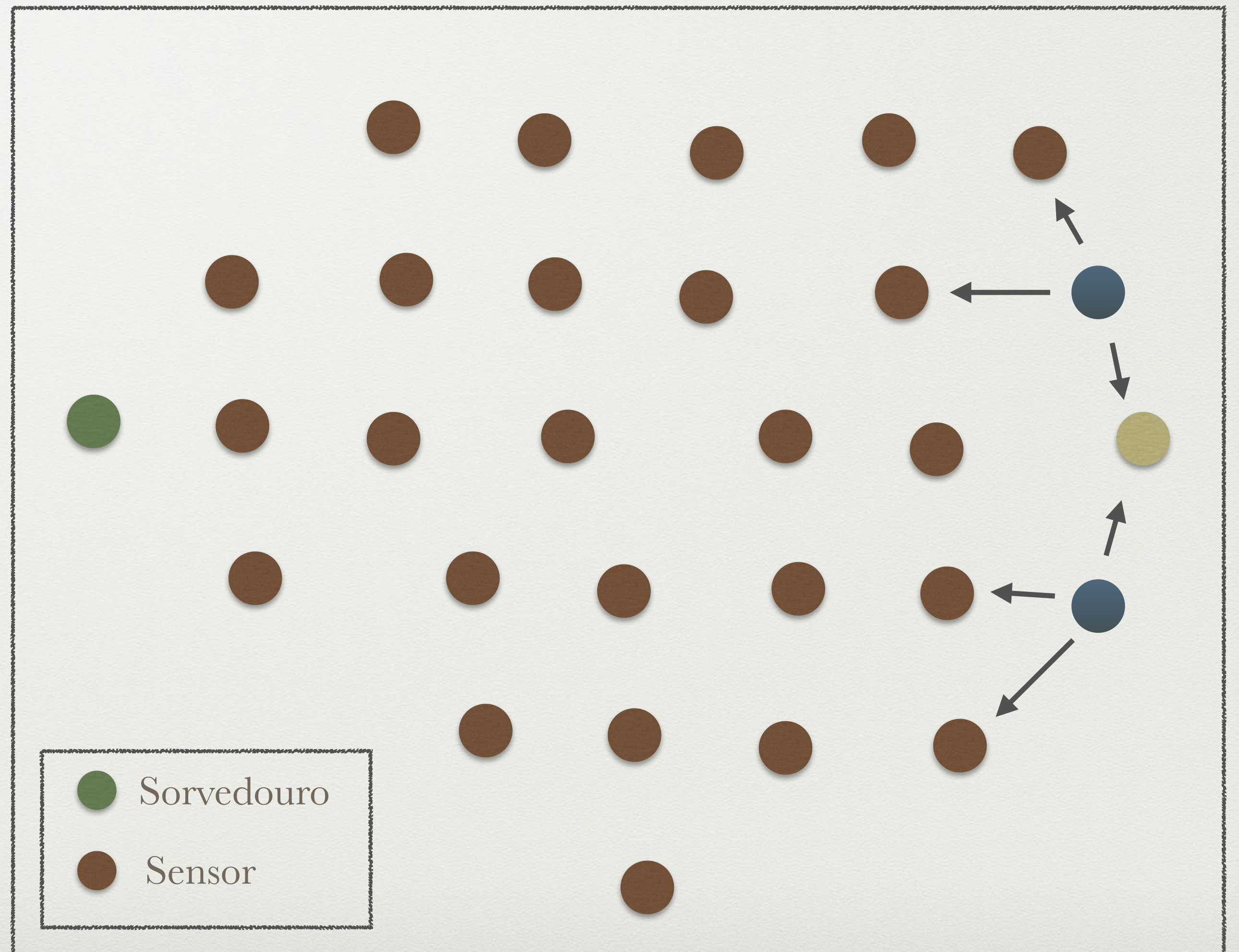
AODV - Route Discovery

- Nó transmissor envia RR
- Endereço do destino



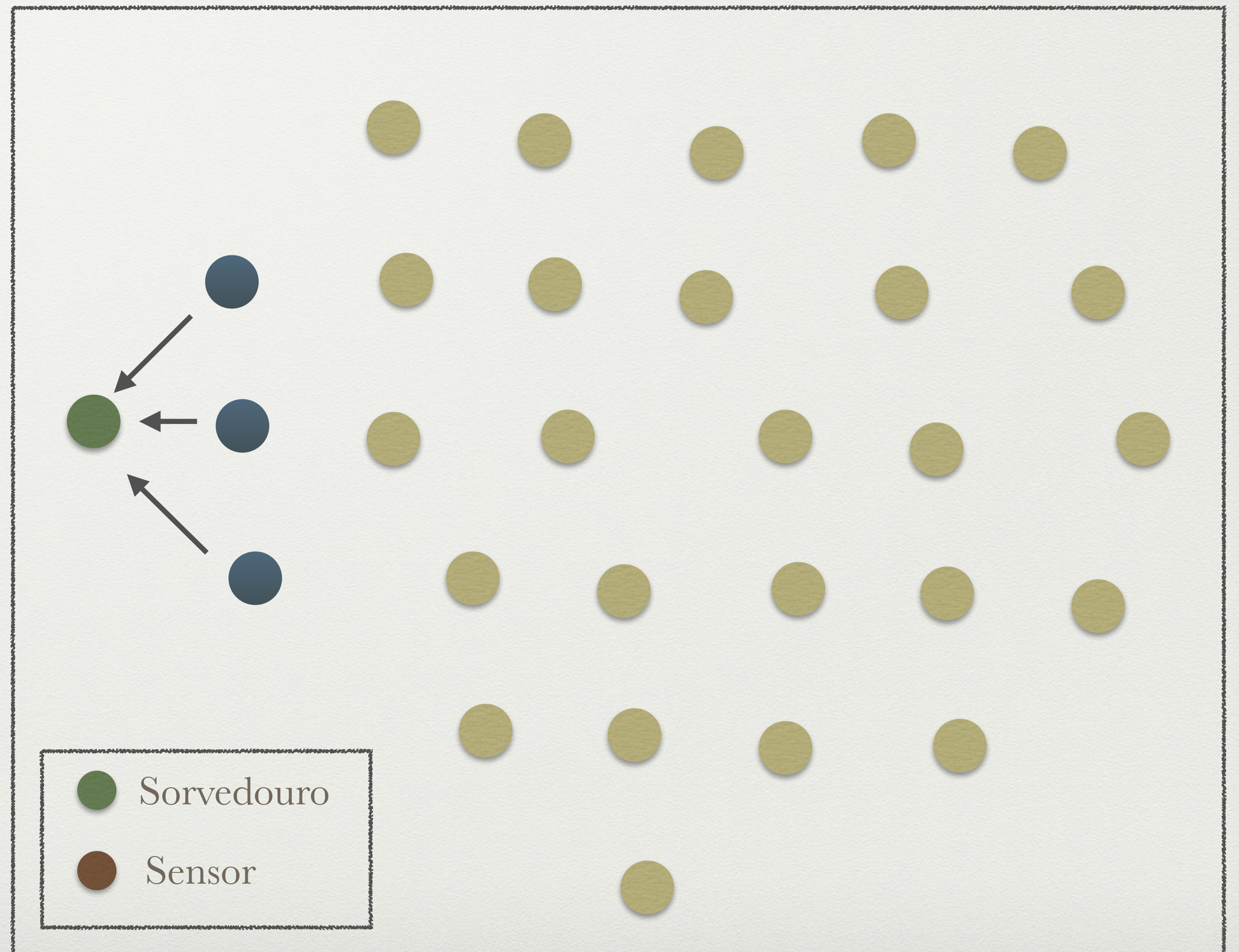
AODV - Route Discovery

- Nós que recebem o RR
- Atualizam o custo do caminho
- Armazenam informação de rota para o transmissor



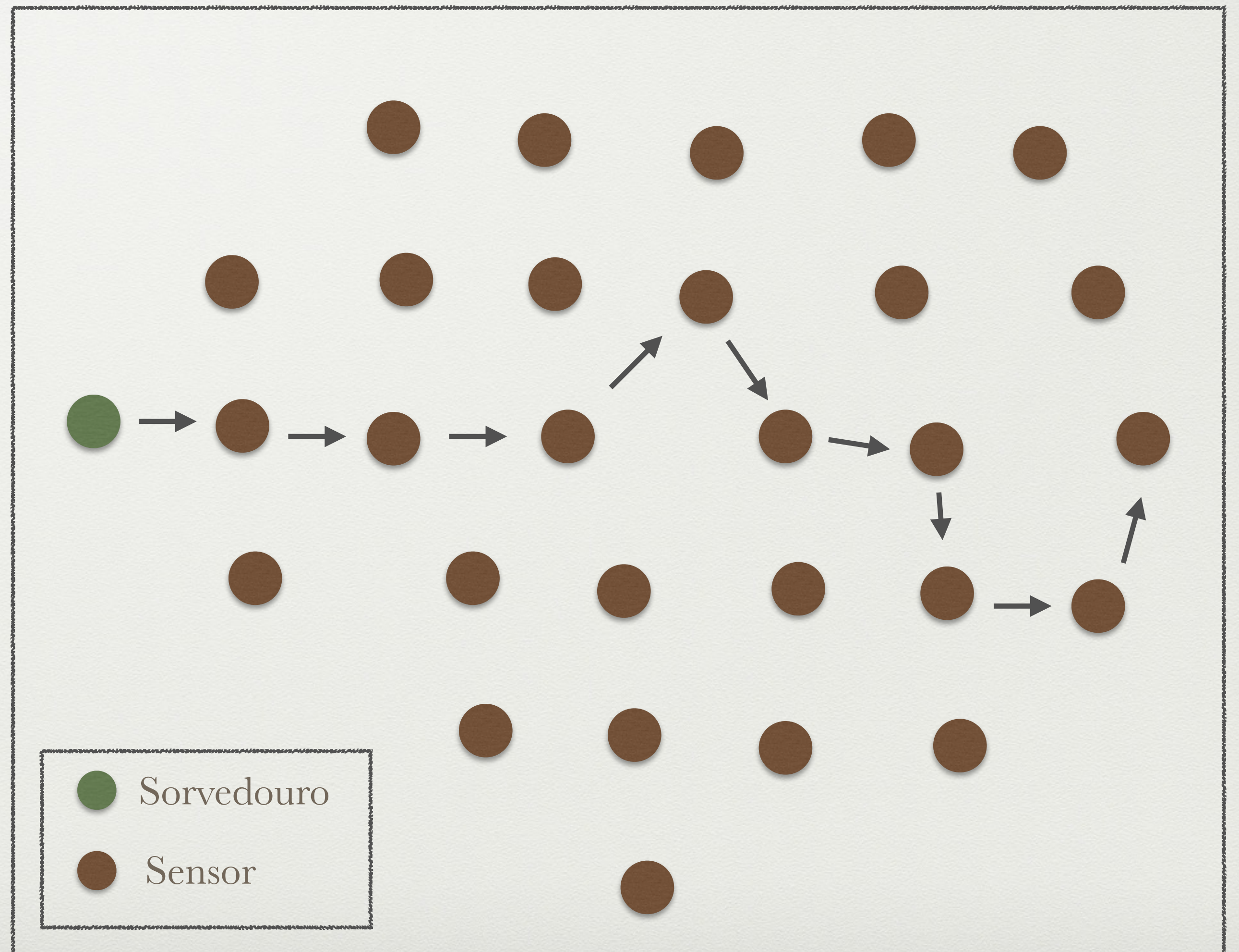
AODV - Route Discovery

- Destino recebe vários RR
- Escolhe o com menor custo



AODV - Route Discovery

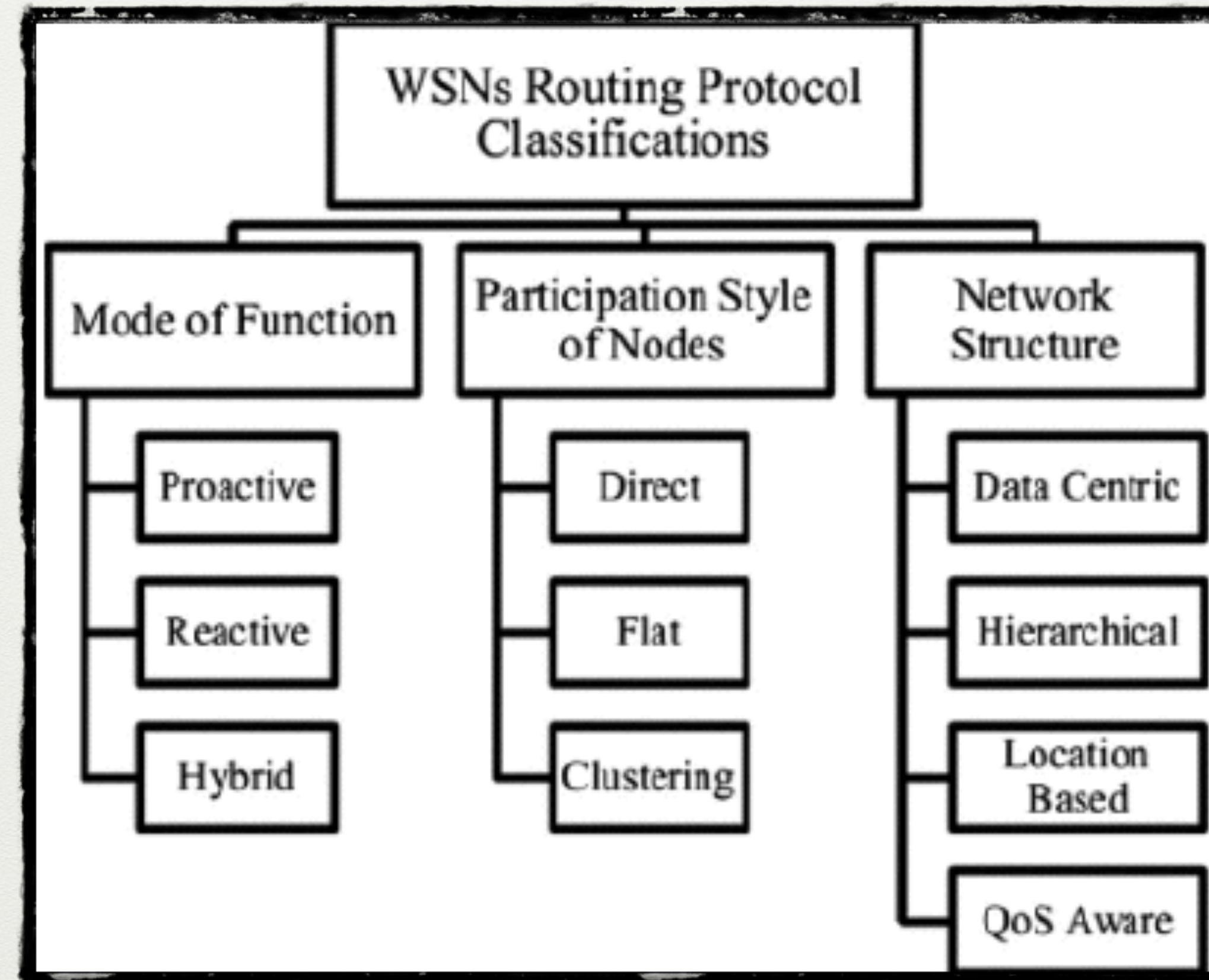
- Destino recebe vários RR
- Escolhe o com menor custo
- Envia uma mensagem
- Route Reply
- Retorna pelo caminho escolhido



Protocolos de roteamento para WSN

- Dependente da topologia
- Categorizados segundo
 - Modo de funcionamento
 - Particionamento da rede
 - Estrutura da rede

Tipos de protocolo de roteamento WSN

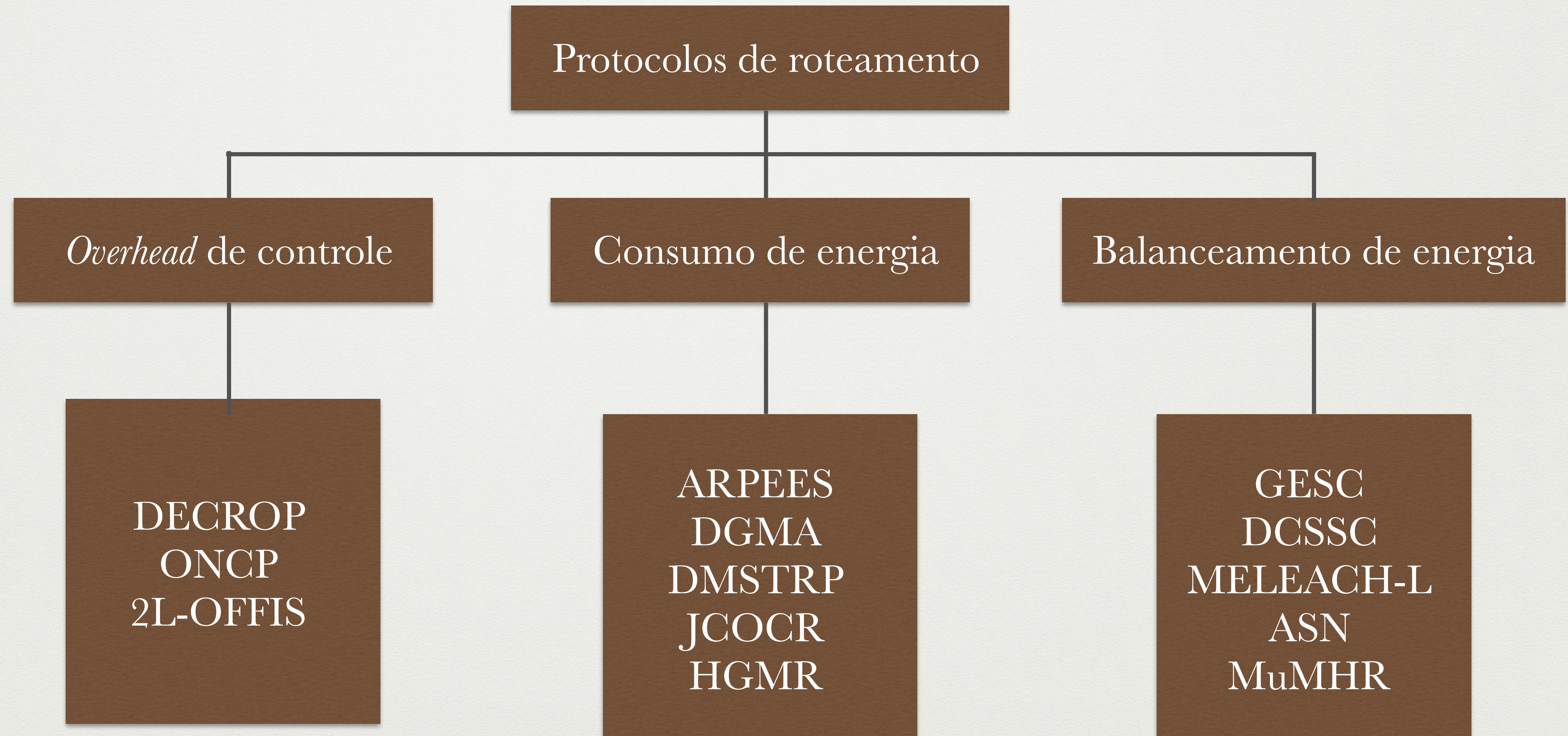


Fonte: R. W. Anwar et Al., "A Survey of Wireless Sensor Network Security and Routing Techniques", Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 2015

Protocolos mais antigos

- Preocupação com o consumo de energia
 - Direct Diffusion (2000)
 - LEACH (2000)
 - APTEEN (2001)
 - SPEED (2003)

Protocolos de Roteamento - WSN de larga escala



Créditos

- Algumas das transparências foram inspiradas nas aulas
 - Prof. Igor de Monteiro Moraes (IC/UFF)
- Figura do primeiro slide
 - Fonte: <http://www.ikanda.be/sensors/what-is-iot>