



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Water governance in Brazil

The need to share water in the anthropocene

Costa de Barros, E.

Publication date

2023

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Costa de Barros, E. (2023). *Water governance in Brazil: The need to share water in the anthropocene*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



WATER GOVERNANCE IN BRAZIL:
THE NEED TO SHARE WATER IN THE ANTHROPOCENE

Eva Costa de Barros

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Universiteit van Amsterdam
op gezag van de Rector Magnificus
prof. dr. ir. prof. dr. ir. P.P.C.C. Verbeek
ten overstaan van een door het College voor Promoties
ingestelde commissie,
in het openbaar te verdedigen in de
Promoties Agnietenkapel
op Donderdag, 26 Januari 2023, te 10:00 uur

door Eva Costa de Barros
geboren te Jacareí, São Paulo, Brazil

ISBN: 978-90-832797-9-4

© 2022, Eva C. Barros. All rights reserved.

Barros, Eva C. (2022)

Water Governance in Brazil: the need to share water in the Anthropocene

Part of this research was supported by CAPES (Science without Borders Program) a grant from Brazil.

University of Amsterdam (UvA), 2022.

450 pages; 17 cm x 24 cm

Cover & Layout design by: Calixto Comporte.

Cover Illustration by: Calixto Comporte.

Printed by: Proefschriftspecialist | www.proefschriftspecialist.nl

WATER GOVERNANCE IN BRAZIL:

the need to share water in the anthropocene

Promotor:

Dr. J. Gupta
Professor of Environment and Development in
the Global South Universiteit van Amsterdam

Copromotor:

Dr. M. A. Hordijk
Associate Professor of Governance and
Inclusive Development Universiteit van Amsterdam

Overige leden:

Prof.dr. R. C. Kloosterman
Universiteit van Amsterdam

Prof.dr. J.M Bavinck
Universiteit van Amsterdam

Dr. H.J.M.L Verrest
Universiteit van Amsterdam

Dr. K. H. Schwartz
UNESCO-IHE Institute for Water Education

Prof. Dr. Maria Sobral
Pernambuco Federal University

To my parents: your love for education brought me this far.

ACKNOWLEDGMENTS

I have walked an almost impossible path during my PhD trajectory. It has been a process of learning by doing. My experience has taught me that success in the PhD journey takes communal, emotional, and physical effort. When I first started my PhD, I knew it was going to require a lot of hard work and dedication on my part, but I did not know the important role that many other people would play during this process. I therefore want to thank everyone for the support, although words cannot sufficiently express my gratitude.

First, I would like to thank my committee members. I have a deep gratitude and respect for my promoter, Prof. Joyeeta Gupta, and my co-supervisor, Dr. Michaela Hordijk. Joyeeta, thank you for believing in my potential. Your dedication, great knowledge, and sharp analytical skills are a great inspiration. I have learned so much more from your supervision and mentorship than my PhD thesis can convey. Michaela, thank you for your comments and support along the way. I will always remember our endless coffee meetings in Delft, working on sharpening my arguments and improving my analytical skills.

I am deeply grateful to the Brazilian CAPES/Science without Borders Program for granting me the scholarship that funded my program. To all my water colleagues, specifically Richard Meganck and Frank Jasper, thank you for seeing my potential contribution to the water governance discourse. I am also thankful for the institutional support of the University of Amsterdam in the Netherlands. I would especially like to thank the members of the Governance and Inclusive Development Group (GID) for their meaningful discussions and feedback over the past years. I am thankful to Ricardo, Zack, Kwabena, Aarthi, Francine, Raquel, Annisa, Arthur, Janvier, Jane, Anderson, Ashoua, Carolina Frossard, Shahnour, Hilmer, Sofie, and other PhD colleagues for their feedback, inputs, and encouragement. Catalina, Mustika, Malin, Likoko, I am honored to have such brilliant and committed individuals by my side. I could not have asked for better colleagues (and friends) to share this crazy journey with.

My research project would not be possible without the help, support, prayers, and friendship from different people around the world. Above all, I would like to express my sincere gratitude to the Brazilian people, especially those residing in the case study area who were willing to make time to share their experiences and opinions with me. The conversations

we had will be cherished among the most precious memories of my life. I am also thankful to the other respondents, including government officials, NGO staff, extension officers, and fellow scholars, who were very open and outspoken during the interviews conducted for this research. I would like to express my gratitude to Dr. Flavia Naves for her support, knowledge and friendship. Many thanks to Juliana Renno, Vanessa Oliveira, Camila Barretos, Marta Barros, and Demi, for helping me with data collection during my fieldwork; and to Augaly Kiedi for her kindness and editorial support during the final stage of my writing process.

I would like to thank my extended family – my uncles, aunts, and cousins – for providing me with a solid and warm foundation to rely on during my fieldwork. We may not see each other frequently, but the small gestures of kindness we exchange still go a long way. I thank my grandmother Eva Xavier and Lourdes Costa, my great-grandmother Laura Moreira, and my grandfather Miguel Pereira, whose spirits have always been a source of inspiration and guidance for me.

Many people received me in their homes during my fieldwork, and I am very grateful for this incredible privilege. In the state of Minas Gerais, I would like to thank Atman and our Sangha in Lavras, Bela, Zezé, Marina, Fe Mitsue, and Tati Fa.vela. In Brasilia, I thank Elton, Pedro, Marly, and Joaquin. In Alagoas, I am grateful to my great aunts Leusa and Eveluzia, my uncles Gino and Rui, and my sweet uncle Dadazinho for sharing wonderful stories about our family. In Pernambuco, I am grateful to Dr. Maria Sobral, my aunt Gizelda and my cousins Julia and Rafa. In Rio de Janeiro, I am grateful to my sweet friends Alex and Fatima Casarim. In Bahia, I thank Camila. Thank you for offering me extensions of home.

A good support system is important to surviving and staying sane during the PhD process. I was lucky to have so many people around me to provide me this support. My dearest friend Eduardo (José), thanks for always being my family. Celio, thanks for making a plan to realise our dreams no matter our surname. Ciça Castro, thanks for keeping me sane. You always believe things will turn out all right, and because of you, I have begun to believe this as well. Familie Nunes-Ruijsenaars, Josie, Tom, Zoe, and Noah, I am eternally grateful for how you always welcomed me in your home(s) whenever I needed the comfort. Thaine, I am grateful for the many stories, laughs, memories, and great times shared

with you – I am lucky to have you. Mohanasunder, you are a great teacher and a dearest friend, mustache forever. Juan Barros, I am grateful for the fruitful discussions and insights. Malocas, Ju, Gabi, Ca, Rafa, Deh, and Raquelzinha, thank you for always being there when I needed you, for allowing me to share my difficulties and regrets and helping me to hold life together. I would not have survived without all of you. Renata Okura, our friendship has grown along with us, thank you.

Since moving to the Netherlands, I have learned how to be more assertive and straightforward about my needs and priorities. I would like to express a special thanks to my Dutch friends who have been teaching me about their culture. Marleen van der Kooij, thank you for being my sweet yoga partner and welcoming me into your family. Daniel Djordjevski, your creativity and kindness will always inspire me. Marie Roelofsen and Wim Ettema Wisdom, your advice changed the way I see life. Philip, it was a great joy meeting you during this trajectory. I have to admit, since the Rotterdammers entered my life, I am a much happier person and feel more at home in Holland. My musician friends – Vivi Santos, Tiago Cubo, Helena Weber, Jan Dumée, Ronald Pandeiro, Elizabeth Fadel, Mark de Jong, Maarten Meddens, Marcelo Godoy, and Monica – thanks for playing and sharing the best music this country has to offer. “Without music, life would be a mistake”¹.

I also had the privilege to meet great friends in Delft. I am especially thankful to Chris Metzker, Micah Mukungu, Caroline Murungi, Yuli Ekowati, Pedi Obani, Kirstin Conti, Shakeel Hayat, Fernanda Braga, Mohammad Gharesifard, Bahar Molazem, Luana Cruz, Victor Paca, Paulo de Lima Duarte, Paulo Corgosinho, Kelly, Simone, Natalia, Tania, Mohaned, Walla, Azza, Maria Wünsch, Valeria and Ana Maria.

To my hometown friends– Natalia Miura, Maria Cabeça, Michele Oliveira, Julia Rezende, Fá Legario, Murilo, Pedrinho, Rol, Bab’s, João, Barretos and my ‘Salve a Malandragem’ crew–thank you for always being there, through joys and difficulties. My godmother Eurides and Zelia, thank you for your tireless prayers.

The last words of this acknowledgment are reserved for my dear family. Mulatos, thank you for everything. My sister Laura, thank you for staying close to our parents so that I could fly away to make my dreams come true. Special thanks to my parents, Eliane and Jazon. Your bound-

1 Nietzsche

less love, wisdom, help, and patience always grounded me. Mommy, thank you for your immutable strength and certainty that I would finish, even when I was in doubt. Daddy, thank you for being you and teaching me about perseverance and resilience in practice. What I have proudly achieved in life thus far is owed to you.

CONTENTS

LIST OF TABLES	<u>I</u>
LIST OF FIGURES	<u>IV</u>
LIST OF MAPS	<u>V</u>
LIST OF BOXES	<u>V</u>
ACRONYMS AND ABBREVIATIONS	<u>VI</u>
EXECUTIVE SUMMARY	<u>XI</u>
SAMENVATTING	<u>XXV</u>
1. INTRODUCTION	<u>1</u>
1.1. Introduction	<u>1</u>
1.2. Problem definition: Intensive Water Use and Water Allocation	<u>2</u>
1.2.1. Societal relevance	<u>2</u>
1.2.2. Academic relevance of focusing on water-sharing	<u>7</u>
1.3. Research questions and focus and limits	<u>10</u>
1.4. Focus on federal states in general and Brazil in particular	<u>12</u>
1.4.1. Why federal states need to be studied	<u>12</u>
1.4.2. Criteria for selecting Brazil as a case study	<u>17</u>
1.5. An Inclusive Development Perspective	<u>18</u>
1.5.1. Water and development	<u>18</u>
1.5.2. Introduction: why an inclusive development perspective?	<u>20</u>
1.5.3. The evolution of inclusive development	<u>22</u>
1.5.4. Defining and operationalizing an inclusive development perspective	<u>23</u>
1.5.5. How does inclusiveness redefine development	<u>24</u>
1.6. Policy Relevance	<u>24</u>
1.6.1. Evolution of water policy	<u>24</u>
1.6.2. The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals	<u>26</u>
1.7. Structure of the Thesis	<u>28</u>

2.	METHODS	<u>33</u>
2.1.	Introduction	<u>33</u>
2.2.	Literature review	<u>33</u>
2.3.	Content analysis	<u>36</u>
2.4.	Case study approach	<u>38</u>
2.5.	Operationalizing Water-Sharing	<u>39</u>
2.6.	Phases of Water Governance	<u>43</u>
2.7.	Analytical framework	<u>43</u>
2.8.	Units of analysis	<u>49</u>
2.9.	Evaluation based on critical instrumentalism	<u>49</u>
2.10.	Data collection	<u>51</u>
	2.10.1. The qualitative techniques	<u>52</u>
	2.10.2. The quantitative techniques	<u>54</u>
2.11.	Ethical dimensions	<u>55</u>
2.12.	Inferences	<u>56</u>
3.	WATER PARADIGMS AND THE PHASES OF RIVER BASIN DEVELOPMENT	<u>59</u>
3.1.	Introduction	<u>59</u>
3.2.	Key paradigms	<u>59</u>
	3.2.1. Introduction	<u>59</u>
	3.2.2. Hydraulic engineering paradigm	<u>62</u>
	3.2.3. IWRM paradigm	<u>64</u>
	3.2.4. Adaptive water governance paradigm	<u>66</u>
	3.2.5. Analysis of water-sharing in the basin	<u>68</u>
3.3.	Phases of River Basin Development	<u>71</u>
	3.3.1. Introduction	<u>71</u>
	3.3.2. State-of-the-art of phases of river basin development	<u>71</u>
	3.3.3. Proposal	<u>76</u>
	3.3.4. Proposed phases of water-sharing	<u>79</u>
3.4.	Conclusions	<u>81</u>
4.	SHARING OF RESPONSIBILITY, RIGHTS, AND RISKS: CATEGORIES AND INSTRUMENTS	<u>85</u>
4.1.	Introduction	<u>85</u>
4.2.	Sharing of responsibility between levels	<u>85</u>

4.2.1.	Unitary versus federal states: power relations and water management approaches	<u>85</u>
4.2.2.	Sharing of responsibilities between different levels of governance within federal states	<u>85</u>
4.3.	Water-sharing between federal units in a federal state	<u>92</u>
4.3.1.	Issues regarding domestic transboundary water	<u>92</u>
4.3.2.	Transboundary water-sharing instruments	<u>92</u>
4.4.	Water-sharing between uses	<u>95</u>
4.4.1	Different uses of water	<u>95</u>
4.4.2	Instruments for sharing water: Priority of Use and Human Right to Water	<u>95</u>
4.5.	Water-sharing between users	<u>99</u>
4.5.1.	Different users of water	<u>99</u>
4.5.2.	Instruments of water-sharing: water permits, pricing, and infrastructure (irrigation and hydropower)	<u>99</u>
4.6.	Water-sharing between humans and nature	<u>104</u>
4.6.1.	Issue in water-sharing between humans and nature	<u>104</u>
4.6.2.	Instruments of water-sharing between humans and nature: minimum ecological flow and protected areas	<u>105</u>
4.7.	Sharing of risks related to floods, droughts and climate change	<u>108</u>
4.7.1.	Explaining the issue	<u>108</u>
4.7.2.	Disaster Risk Reduction, drought management and climate-proofing	<u>108</u>
4.8.	Comparing the instruments	<u>112</u>
4.9.	Inferences	<u>113</u>
5.	WATER GOVERNANCE IN BRAZIL	<u>117</u>
5.1.	Introduction	<u>117</u>
5.2.	The context of Brazil	<u>117</u>
5.2.1.	The political context	<u>117</u>

5.2.2. The physical context of water and related problems	<u>119</u>
5.2.3. Sharing Challenges	<u>127</u>
5.2.4. Evolution of the water governance regimes in the context of environmental policy	<u>129</u>
5.3. Current policy framework and the sharing of Water	<u>131</u>
5.4. Analyzing sharing of water in paper and practice	<u>138</u>
5.4.1. Federalism	<u>138</u>
5.4.2. Priority of use	<u>143</u>
5.4.3. Human right to water and sanitation	<u>145</u>
5.4.4. Water use permit for allocating water to large users	<u>147</u>
5.4.5. Protected areas	<u>151</u>
5.4.6. Climate proofing	<u>156</u>
5.4.7. Disaster risk management in terms of drought	<u>158</u>
5.5. Inferences	<u>161</u>
6. WATER GOVERNANCE IN THE SFRB	<u>167</u>
6.1. Introduction	<u>167</u>
6.2. The context of the São Francisco River Basin	<u>168</u>
6.2.1. The political context	<u>168</u>
6.2.2. The physical context of water and related problems	<u>168</u>
6.2.3. Sharing challenges	<u>175</u>
6.2.4. Evolution of the water governance regime in the context of environmental policy	<u>178</u>
6.3. Current policy framework and the sharing of water	<u>181</u>
6.4. Analyzing sharing in paper and practice	<u>184</u>
6.4.1. Agreement between states ('Water Pact Agreement')	<u>184</u>
6.4.2. Priority of use	<u>186</u>
6.4.3. Irrigation system	<u>188</u>
6.4.4. Bulk water charges	<u>192</u>

6.4.5. Drought management – Crisis Chamber	<u>194</u>
6.4.6. Minimum flow	<u>198</u>
6.5. Inferences	<u>199</u>
7. WATER GOVERNANCE AT THE STATE LEVEL	<u>203</u>
7.1. Introduction	<u>203</u>
7.2. Water governance in the different states	<u>204</u>
7.2.1. The political context and historical issues	<u>204</u>
7.2.2. Similarities and differences	<u>206</u>
7.3. Current policy frameworks	<u>220</u>
7.3.1. Current policy framework in Bahia	<u>220</u>
7.3.2. Current policy framework in Pernambuco	<u>224</u>
7.3.3. Current policy framework in Alagoas	<u>226</u>
7.4. Analyzing water sharing in Bahia, Pernambuco and Alagoas	<u>228</u>
7.4.1. Priority of use	<u>228</u>
7.4.2. Water use permit for allocating water to large users	<u>231</u>
7.4.3. Protected areas	<u>239</u>
7.4.4. Minimum flow	<u>246</u>
7.4.5. Climate proofing	<u>247</u>
7.5. Comparative analysis of water-sharing instruments in the three the states	<u>249</u>
7.5.1. Priority of use	<u>249</u>
7.5.2. Water use permit for allocating water to large users	<u>250</u>
7.5.3. Minimum flow	<u>251</u>
7.5.4. Climate-proofing	<u>251</u>
7.5.5. Instruments addressing drivers	<u>252</u>
7.5.6. The combination of the instruments for optimal effect	<u>254</u>
7.6. Inferences	<u>255</u>
8. CONCLUSION	<u>259</u>
8.1. Introduction	<u>259</u>
8.2. Progression of water governance	<u>259</u>
8.2.1. Progress in water governance in Brazil	<u>261</u>
8.2.2. Progress in water governance in SFRB	<u>263</u>

8.3. Sharing of Responsibility, Rights, and Risks: addressing drivers and water-sharing instruments	<u>267</u>
8.3.1. Addressing drivers and problems	<u>267</u>
8.3.2. Water-sharing instruments	<u>268</u>
8.3.3. Combining the instruments for optimal effect	<u>279</u>
8.3.4. Adopting appropriate missing instruments	<u>284</u>
8.4. Research questions	<u>285</u>
8.4.1. Why is equitable water-sharing becoming increasingly important in the Anthropocene and what does this imply for theory development?	<u>288</u>
8.4.2. How can we draw lessons for the SDGs?	<u>298</u>
8.5. Epilogue	<u>298</u>
REFERENCE	<u>301</u>
ANNEX A. SEARCH TERMS	<u>371</u>
ANNEX B. SUMMARY OF TERMS AND DEFINITIONS	<u>372</u>
ANNEX C. FEDERAL STATES AND WATER PROBLEMS/ WATER-SHARING	<u>373</u>
ANNEX D. INTERVIEW LIST	<u>374</u>
ANNEX E. MAIN ACTORS IN THE MULTI-LEVEL CASE STUDY	<u>382</u>
ANNEX F. LIST OF POLICY INSTRUMENTS ANALYSE IN TERMS OF GOAL ACHIEVED CONSIDERING THE ID DIMENSIONS	<u>384</u>
ANNEX G. SEMI-STRUCTURED QUESTIONNAIRE	<u>386</u>
ANNEX H. TYPES OF LAND OWNERSHIP CONSIDERING LAND OCCUPATION TYPES IN RURAL BRAZIL	<u>389</u>
ANNEX I. SFRB	<u>390</u>

LIST OF TABLES

Table 1.1.	The drivers, effects and impacts on freshwater and people (impact)	<u>4</u>
Table 1.2.	Research questions	<u>11</u>
Table 1.3.	Federal states and their treatment of water sharing problems	<u>14</u>
Table 1.4.	Key international treaties that deal with water-sharing issues	<u>27</u>
Table 1.5.	SDG 6 indicators and main water-sharing issues	<u>29</u>
Table 2.1.	Treaties and policies at multiple levels assessed in this thesis	<u>37</u>
Table 2.2.	Inclusive development, indicators and link to sharing	<u>42</u>
Table 2.3.	Original IDGEC framework and adapted conceptual framework	<u>45</u>
Table 2.4.	Units of analysis in the multi-level case studya	<u>50</u>
Table 2.5.	Evaluation criteria for policy instrumentsa	<u>51</u>
Table 2.6.	Participatory observation: locations and issues discussed	<u>53</u>
Table 2.7.	Inventory of archives used in Brazil	<u>54</u>
Table 3.1.	Ideal-typical characterizations of the three paradigms	<u>61</u>
Table 3.2.	Assessing the paradigms in terms of water-sharing	<u>69</u>
Table 3.3.	Non-exhaustive overview of river basins worldwide described using the typology of the basin trajectory	<u>76</u>
Table 4.1.	Water-sharing categories and instruments	<u>86</u>
Table 4.2.	Ideal-typical characterizations of unitary and federal states dealing with water	<u>87</u>
Table 4.3.	Characterization of federal systems based on the constitution	<u>90</u>
Table 4.4.	Advantages and disadvantages of various water policy instruments dealing with water-sharing	<u>114</u>
Table 5.1.	The evolution of political issues in Brazil (1950s – 2020s)	<u>120</u>
Table 5.2.	Water problems in Brazil	<u>123</u>

Table 5.3.	Drivers of water problems in Brazil	<u>123</u>
Table 5.4.	Water use (demands) by purpose in Brazil in 2016	<u>128</u>
Table 5.5.	The evolution of water governance regimes in the context of environmental policy issues in Brazil (1950s - 2020s)	<u>132</u>
Table 5.6.	Relevant Brazilian legislation related to water resources	<u>136</u>
Table 5.7.	Sharing instruments in Brazilian policy documents	<u>140</u>
Table 6.1.	The evolution of political issues in the SFRB (1950s – 2020s)	<u>169</u>
Table 6.2.	Water problems in the São Francisco River Basin	<u>172</u>
Table 6.3.	Drivers of water problems in the São Francisco River Basin	<u>175</u>
Table 6.4.	Consumption by sectoral user (m ³ /s) in the Sao Francisco River	<u>176</u>
Table 6.5.	Water use (demands) by purpose in the SFRB in 2010	<u>177</u>
Table 6.6.	Evolution of political regimes & environmental policy in the SFRB (1950s - 2020s)	<u>182</u>
Table 6.7.	Sharing instruments in the São Francisco River Basin policy documents	<u>184</u>
Table 6.8.	The minimum flow of the São Francisco River at Sobradinho Dam (2013 - 2017)	<u>196</u>
Table 7.1.	Characteristics of Bahia, Pernambuco and Alagoas states	<u>207</u>
Table 7.2.	Water problems in Bahia, Pernambuco and Alagoas	<u>209</u>
Table 7.3.	Drivers of water problems in Bahia, Pernambuco and Alagoas	<u>213</u>
Table 7.4.	Planning units and sub-basin committees implemented in the tributary of the SFRB in Bahia	<u>223</u>
Table 7.5.	Planning units and sub-basin committees implemented in the tributary of the SFRB in Pernambuco	<u>226</u>
Table 7.6.	Planning units and sub-basin committees implemented in the tributary of the SFRB in Alagoas	<u>227</u>
Table 7.7.	Sharing instruments in Bahia, Pernambuco and Alagoas policy documents	<u>229</u>

Table 7.8. Total number of water permits approved in Pernambuco (1998-2018)	<u>236</u>
Table 7.9. Relevant legislation to climate-proofing (adaptation) instrument	<u>248</u>
Table 7.10. Instruments that have the potential to address drivers at the state level	<u>252</u>
Table 8.1. The categorization of water-sharing instruments in the Brazilian multilevel case study	<u>269</u>
Table 8.2. Water-sharing instrument, strengths, weakness and recommendation	<u>280</u>
Table 8.3. Inclusiveness and water-sharing instruments in Brazil	<u>286</u>
Table 8.4. SDG 6 and potential new indicators for water-sharing instruments	<u>296</u>

LIST OF FIGURES

Figure 1.1. Growing water demand versus limited supply of water worldwide	<u>7</u>
Figure 1.2. Number of papers covering water-sharing	<u>8</u>
Figure 2.1. Institutional analysis framework	<u>44</u>
Figure 2.2. Applied institutional analysis framework	<u>48</u>
Figure 3.1. Evolution of water governance (1950 - 2050)	<u>72</u>
Figure 3.2. Schematic representation of how a river basin is overexploited in terms of Humans in balance with nature	<u>77</u>
Figure 3.3. Schematic representation of how a river basin is overexploited in terms of water-sharing	<u>80</u>
Figure 5.1. Total and projected expected urban population in Brazil (1950 - 2050)	<u>126</u>
Figure 5.2. Evolution and projected water withdrawal by use in Brazil (1950 - 2050)	<u>127</u>
Figure 5.3. National Water Resource Policy Instruments	<u>138</u>
Figure 6.1. Total irrigated areas in Alagoas, Bahia, and Pernambuco states (1960 – 2015)	<u>190</u>
Figure 7.1. Evolution and projected water withdrawal by use in Bahia (a), Pernambuco (b), and Alagoas (c) (1950 - 2050)	<u>215</u>
Figure 7.2. Sedimentation process at the lower part of the river at Piaçabuçu City in Alagoas state	<u>219</u>
Figure 8.1. Schematization of development of the SFRB considering river flows registered downstream of Sobradinho reservoir from 1928 to 2017 at Juazeiro station (code 48020000)	<u>260</u>
Figure 8.2. Schematic representation of the phases of Brazilian water governance in terms of water demand from 1950 to 2020	<u>262</u>
Figure 8.3. Schematization of development of the SFRB considering river flows registered downstream of Sobradinho reservoir from 1928 to 2017 at Juazeiro station (code 48020000)	<u>264</u>
Figure 8.4. Schematization representation of water paradigms	<u>292</u>

LIST OF MAPS

Map 1.1.	Water availability by country with unitary or federal systems of governance in 2014	<u>16</u>
Map 1.2.	Location of the multi-level case study	<u>19</u>
Map 5.1.	Brazilian river basins	<u>122</u>
Map 5.2.	Brazilian biomes and Protected Areas	<u>153</u>
Map 6.1.	Regional classification of the São Francisco River Basin	<u>171</u>
Map 7.1.	Brazilian biomes and Bahia Protected Areas	<u>241</u>
Map 7.2.	Brazilian biomes and Pernambuco Protected Areas	<u>243</u>
Map 7.3.	Brazilian biomes and Alagoas Protected Areas	<u>244</u>

LIST OF BOXES

Box 1.1.	The Anthropocene	<u>2</u>
Box 1.2.	Water availability by country with unitary or federal systems of governance	<u>16</u>
Box 4.1.	Water-sharing of a domestic transboundary river: the Cauvery Basin in India	<u>94</u>
Box 4.2.	Subsidies in drinking water and agriculture sector	<u>102</u>
Box 4.3.	Inter basin water transfer (IBWT)	<u>104</u>
Box 4.4.	Ecological flow: the Australian experience	<u>106</u>
Box 5.1.	Comparison of overuse of agrochemicals between Brazil, Europe and the United States	<u>126</u>
Box 5.2.	The World Bank and water management in Brazil	<u>134</u>
Box 5.3.	The River Basin Plans at federal, state and river basin levels	<u>139</u>
Box 5.4.	Need for water-sharing in the endangered Caatinga Biome	<u>154</u>
Box 5.5.	Land rights considering land occupation types in rural Brazil	<u>155</u>
Box 6.1.	The Northeast Development Superintendence (SUDENE)	<u>170</u>
Box 6.2.	Brazilian Semi-Arid Articulation (ASA)	<u>180</u>
Box 7.1.	Demand for commercial agriculture and Salitre disputes	<u>217</u>

ACRONYMS AND ABBREVIATIONS

ACM	Antônio Carlos Magalhães
AISSR	Amsterdam Institute for Social Science Research
AL	Alagoas
ANA	Agência Nacional de Água (National Water Agency)
ANEEL	Agência Nacional de Energia (National Electric Energy Agency)
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima (Pernambuco Water and Climate Agency)
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro (Brazilian Semi-Arid Articulation)
BA	Bahia
BID	Banco Mundial (World Bank)
BOP	Balance of payments
CESBs	State-owned water companies
CEMADEN	National Centre for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters
CERTOHO	Certificado de Avaliação de Sustentabilidade de Obras Hídricas (Certificate of Sustainability Assessment of Water)
CNARH	National Water User Registry
CNHR	Conselho Nacional de Recursos Hídricos (National Council on Hydrological Resources)
CEB	Comunidade de Base Eclesiástica (Base Ecclesial Communities)
CBHSF	Comitê de Bacia do São Francisco (Watershed Committee of the Sao Francisco River)
CHESF	Companhia Hidreletrica do São Francisco (Hydropower Company of Sao Francisco)
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente (National Council of Environment)
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos (State Water Resources Council)
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Company de Development of the Sao Francisco and Pamaiba Valleys)
CPR	Common-pool resources
CPRH	Pernambuco State Environmental Agency of Pernambuco

CPRM	Brazilian Geological Service
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Council National of Water Resources)
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica (Department of Water and Electricity)
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Department of Works against Droughts)
DRR	Disaster Risk Reduction
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (Brazilian Enterprise of Agriculture Research)
E&U	Equitable and Utilization
EF	Ecological Flow
EIA	Environmental impact assessment
FAO	Food and Agriculture Organization
FERHBA	State Fund for Water Resources of Bahia
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco (Joaquim Nabuco Foundation)
GDP	Gross Domestic Product
GEIDA	Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola
GEF	Global Environmental Fund
GWP	Global Water Partnership
HD	Human Development
HDI	Human Development Index
HFA	Hyogo Framework for Action
HRWS	Human Right to Water and Sanitation
IAG	Adaptive Water Governance
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (Brazilian Institute for Environment and renewable natural resources)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brazilian Institute of Geography and Statistics)
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (Brazilian Institute for Forest Development)
ICWE	International Conference on Water and the Environment
ID	Inclusive Development

IDB	Inter-American Development Bank
IDGEC	Institutional Dimensions of Global Environmental Change
IFOCS	Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (Federal Department of Drought Control Service)
IHDP	International Human Dimensions Programme
ILC	International Law Commission (ILC)
IMA	Instituto de Meio Ambiente de Alagoas (Institute of Environment of Alagoas)
INBO	International Network of Basin Organisations
INEMA	Institute for the Environment and Water Resources in Bahia
IRBM	Integrated River Basin Management
IUCN	International Union for Conservation of Nature
IWA	International Water Association
IWRM	Integrated Water Resources Management
MAB	Movimento dos Atingidos por Barragens (Movement of People Affacted by Dams)
MI	Ministério da Integração Nacional (National Department of National Integration)
MMA	Ministério do Meio Ambiente (National Department of Environment)
MME	Ministério de Minas e Energia (National Department of Mine and Energy)
MST	Movimento dos Trabalhadores Rurais (Landless Workers' Movement)
NGOs	Non-Governmental Organisation
NRW	Non-revenue water
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico (Operator of the National Electricity System)
Pas	Protected Areas
PBHSF	Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia do rio São Francisco (Plan Decennial de water resources for the Sao Francisco River Watershed)
PE	Pernambuco
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento (National Sanitation Plan)
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento (National Sanitation Plan)
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos (National Policies for Water Resources)
PPA	Plano Plurianual (Federal Pluriannual Plan)
PSHPE	Pernambuco's Water Sustainability Project
SD	Sustainable development
SDGs	Sustainable Development Goals (SDGs)
SEIA	State Environmental and Water Resources Information System
SEMA	Secretariat of the Environment
SEMARH	Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos hídricos de Alagoas (Secretary of State for the Environment and Water Resources of Alagoas)
SFRB	Bacia do São Francisco (São Francisco River Basin)
SIGRH	Sistema de Informações sobre o Gerenciamento de Recursos Hídricos (System of Information on the Management of Hydrological Resources)
SINGREH	Sistema Nacional De Gerenciamento De Recursos Hídricos of Pernambuco (National Hydrological Resources Management System)
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (National Civil Defense and Protection System)
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (National Sanitation Information System)
SUDA	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Superintendency for the Development of the Amazon)
SUDENE	Superintendencia do Desenvolvimento do Nordeste (Superintendency for the Development of the Northeast)
TB	Transboundary River Basin
TVA	Tennessee Valley Authority
UFAL	Universidade Federal de Alagoas (Federal University of Alagoas)
UFLA	Universidade Federal de Lavras (Federal University of Lavras)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais (Federal University of Minas Gerais)
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco (Federal University of Pernambuco)
UNGA	UN General Assembly

UNDP	United Nations Development Programme
UNDRR	UN Office for Disaster Risk Reduction
UNIVASF	Universidade do Vale do São Francisco (Federal University of Vale do São Francisco)
UNWC	UN Watercourses Convention
WCED	UN World Commission on Environment and Development
WWC	World Water Council
WSS	Water and Sanitation Services

EXECUTIVE SUMMARY

The exploitation of surface and groundwater has risen substantially since 1970. Approximately 3,800 km³ of freshwater is withdrawn each year from lakes, rivers, and aquifers, which is twice the amount withdrawn per year in the mid-twentieth century. Many basins are becoming 'closed' (i.e., not having any water left to be extracted). This has led to increased concentrations of pollutants, among other water-related ecological problems. The frequency and severity of floods and droughts have been increasing, and glaciers are rapidly melting, causing direct and indirect impacts on humans and ecosystem health. The increasing pressure on water resources and intensifying competition to access and use water are extensively documented. Such competition for these scarce resources calls for revisiting the fundamental ideas around how water is allocated between actors and hence the challenge of water-sharing.

The increasing water-sharing challenges are driven by direct drivers such as demands for agriculture, livestock, industries and services, energy, and households. Indirect (global) drivers include the drive to increase GDP, population growth, rapid urbanization, and climate change. As these direct and indirect drivers increasingly cause greater water problems, water-sharing issues also increasingly gain attention in the policy agendas of many countries. In particular, federal systems with multiple jurisdictions and divided responsibilities between actors at different levels of government face key challenges in developing coherent water governance.

In developing countries, policymakers face various difficulties in dealing with increased water pressures. National governments want to create conditions for economic development. They want to invest in river water harnessing projects, such as hydropower infrastructure and irrigation systems and promote sustainable and inclusive development as required by the Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the member states of the United Nations. A particular dilemma that many developing countries and emerging economies face is that while development as traditionally defined requires large-scale water use, water resources are nonetheless limited. This requires states to revisit their understanding of the development and prioritize meeting the needs of the poor and nature and ensure that development occurs within the available water budget. This also implies that there is a need for equitable water-sharing or running the risk of exacerbating the local to the global water crisis.

The literature on water governance covers water services, water resources management, and water justice. There is also a lot of research on specific instruments, although little attention is given to the relationship between evolving paradigms and instruments that explicitly deal with water-sharing. This study identified three knowledge gaps: first, there is an inadequate exploration of why sharing water is becoming an important and unavoidable necessity in water governance in the Anthropocene; Second, the existing literature scarcely focuses on a comprehensive discussion of instruments dealing with water-sharing, and there is thus a need to understand how water-sharing instruments can be identified, clustered and analysed and how other existing instruments are affecting equity; and third, there is considerable scholarship on the different paradigmatic approaches in water governance, and this thesis addresses the relationship between three evolving paradigms (e.g., the hydraulic paradigm, integrated water resource management, adaptive water governance see 3.2) and the way in which water governance transitions from one phase to another (e.g., from when supply exceeds demand and when demand exceeds supply, see 3.3). However, are current descriptions of the phase that we would like to achieve adequate? This is inadequately explored in the literature.

Hence, this thesis addresses the overarching research question: What is the role of water-sharing in the Anthropocene, and what does this imply for the design of policy instruments and the phases of water governance? This question has the following sub-questions: Why is equitable water-sharing becoming increasingly important in the Anthropocene? How can water-sharing be addressed in the context of countries? What lessons can be learnt from previous water governance paradigms and studies on the phases of water governance to develop a more comprehensive paradigm which prioritizes appropriate water-sharing instruments that better promote inclusive development?

Chapter 2 presents the research methodology, which includes a literature review, a case study approach combining qualitative content analysis of policies with primary data collection, and a conceptual framework based on the institutional analysis model of the Institutional Dimensions of Global Environmental Change (IDGEC). First, in addressing the research questions, I conducted a scoping literature review on the following governance paradigms: inclusive and sustainable development (and hence this thesis focuses on how to promote inclusive and

sustainable development), multilevel governance (and hence this thesis focuses on governance at national, basin and state levels), and institutional analysis (and hence this thesis focuses on how instruments for water-sharing can be improved given contextual challenges). Second, I adopted a multi-level case study to explore the complex dynamics of water governance in the context of Brazil as a federal country.

I chose Brazil because: (a) it is classified as a developing country and often referred to as an emerging BRIICS (Brazil, Russia, India, Indonesia, China, and South Africa) economy; (b) it is the fifth largest country in the world by area (8.5 million square kilometres, following after Russia, Canada, China, and the United States) and population (201 million inhabitants, following after China, India, United States and Indonesia); and (c) it has one of the largest quantities of renewable water resources, which is neither equally distributed geographically nor demographically, thereby adding to the challenge of developing coherent water governance in a federal state.

Within Brazil, I selected the São Francisco River Basin (SFRB) out of 12 transboundary river basins for three reasons. First, the SFRB constantly faces water quantity problems (e.g., droughts). Second, there are various challenges with developing coherent governance of the Basin as it crosses more than five states. Third, half of the Basin area is located in the driest region of Brazil, which is also one of the most populated semi-arid areas in the world, with more than one million people living there.

Within the SFRB, I selected the states of Bahia, Pernambuco, and Alagoas to understand water-sharing challenges between jurisdictions, asymmetrical interdependencies, and upstream-downstream conflicts. The three states are part of the same hydrological system, with physical links through water, and are in the same historical conjuncture, with their cities being linked through intervention programmes, policies, law, and culture. The state of Bahia is located in the high-medium part of the SFRB and is the largest consumer of water in the Basin. Pernambuco is highly dependent on the intermittent tributaries of the SFRB, and has an advanced risk management plan implemented. Alagoas is located downstream of the SFRB and has been suffering environmental harms, including saltwater intrusion into drinking water supplies due to upstream development.

The conceptual framework of the thesis has five units of analysis: (1) water quantity problems; (2) direct and indirect drivers of water prob-

lems and contextual issues; (3) administrative dynamics at the national, basin, and state levels; (4) water paradigms; and (5) water-sharing categories of instruments (i.e., (a) responsibility between the centre (national level) and states especially for federal states; (b) water between states especially for federal states; (c) water between uses; (d) water between users; (e) water between humans and nature; and (f) water-related risks and related responsibilities in instances such as droughts, floods, and extreme weather events). The fieldwork approach, also presented in Chapter 2, entailed document and archival analyses and semi-structured interviews with approximately 100 key water actors.

Chapter 3 elaborates on how water paradigms have unfolded over time and address issues regarding water-sharing. The existing literature mainly discusses three water paradigms that have dominated global discourse over the last hundred years: (1) hydraulic-engineering; (2) integrated water resource management (IWRM); and (3) adaptive water governance. These paradigms are distinct in their objectives, but they have built on each other and therefore overlap at different stages of the evolution of water governance.

First, the hydraulic-engineering paradigm evolved alongside technological and infrastructural development in water management in the late nineteenth and throughout the twentieth century. Hydraulic-engineering is mostly focused on using technology and infrastructure to control water flows and direct them to meet human needs — a narrative which is still influential today. Since technology and infrastructure are often large-scale, expensive enterprises, their governance is generally centralized and hierarchical, with limited stakeholder participation. In the early days, this governance approach did not necessarily prioritize cost recovery or equity issues.

The second paradigm, IWRM, recognizes the weaknesses of the hydraulic-engineering paradigm and that water resources are limited. IWRM entails integrative governance that allows for decentralized approaches and stakeholder participation. It is water-centred and deals with water as an economic good, often in terms of cost-recovery.

The third paradigm, adaptive water governance, recognizes: (a) that there are major uncertainties in water flows, partly as a result of climate variability; (b) the need to manage risks; and (c) that there are no easy answers to solving water issues. It looks at risks not only within water systems but also within the institutions that govern the resource, taking

into account that different epistemologies have different definitions of risk and, hence, encourage plural thinking and policy experimentation and the importance of learning. This paradigm encourages a multi-purpose, multi-actor approach that links institutional and social networks, as well as human and environmental interactions. Here, water governance is polycentric and horizontal, with broad stakeholder participation contributing to a diversity of solutions and adaptive water management capacity. It argues that redundancy is better than efficiency in coping with uncertain events.

In terms of water-sharing, the hydraulic-engineering paradigm focuses on three sectors: energy, agriculture, and human consumption. It organizes water-sharing between users through the engineering of, for instance, hydropower and irrigation systems and water allocation is then concentrated in the institutions that regulate the engineering facilities. IWRM also deals with water-sharing through sectoral users, using the basin as the natural management unit and mechanisms such as water pricing, cross-subsidizing (water tariffs), deliberative bodies, and payment for ecosystem services. Control of water allocation is diffused and not concentrated in one facility, but the growing emphasis on cost-recovery plays a role in who accesses water. Adaptive water governance deals with water-sharing through sectoral uses considering uncertainties and management risks. It organizes water-sharing through deliberative bodies, among which control is diffused.

Chapter 4 assesses scholarly literature on water governance focusing on water policy instruments dealing with water-sharing. The chapter shows how these instruments can be clustered into six categories of water-sharing:

- Sharing of responsibility between administrative levels: This category is exemplified in how formal and informal power is allocated in unitary versus federal systems. In unitary systems, control of water is held at the central level; whereas, in federal systems, water is controlled at the national and/or state level, except when it concerns a transboundary system covering two or more countries or provinces – where the centre often has exclusive or shared jurisdiction respectively. These responsibilities deal with the management of water quantity and quality, as well as the reduction of water-related risks.

- Water-sharing sharing of water between provinces and states: In many countries, there are guidelines for how water can be shared between nations and states and further inspiration can be drawn from the United Nations Watercourses Convention of 1997, which specifies indicators for sharing water. Many countries also establish joint organizations or adopt agreements between nations and states to address this issue.
- Water-sharing between uses: This category deals with the instruments of priority of use and the human right to water. The priority of use instrument enables the state to decide which uses have priority over others and has been used for at least 1500 years. The human right to water and sanitation prioritizes human needs.
- Water-sharing between users: This category deals with the instruments of water permits, water pricing, land ownership, and infrastructure. Water permits allocate water between different users. Water pricing allocates water based on users' ability to pay. These instruments often involve a hybrid combination of legal and economic aspects and can have a direct impact. Water infrastructure allocates water between users depending on how the infrastructure is organized.
- Water-sharing between humans and nature: This category deals with the instruments of minimum ecological flow and protected areas. Minimum ecological flow ensures that the water flow enables shipping and increasingly is used to also ensure that freshwater ecosystems have enough water to remain healthy. Protected areas, such as wetlands under the United Nations Ramsar Wetlands Convention of 1971, is another way to share water between humans and nature.
- Sharing of water-related risks: This category deals with the instruments of climate-proofing, disaster risk reduction, and drought management. Climate proofing requires waterworks to take into account the impacts of climate change. Disaster risk reduction focuses on adaptive measures to reduce disaster risks. Drought management includes a wide variety of instruments.

The analysis indicates that several instruments can have direct impacts on and yield improvements in water governance, like water permits, disaster risk reduction, drought management and climate proofing, which are considered major advantages. Conversely, several disadvantages potentially threaten the success of numerous instruments: agreements between states, priority of use and joint organizations require considerable commitments and willingness to cooperate between all relevant parties; unitary systems are often lacklustre in accommodating political and cultural differences and local and regional levels; and water permits require considerable knowledge of water budgets and expertise, else the permits may be deemed ineffective or inequitable and therefore exclusive in their design.

Chapter 5 discusses the current drivers of water-sharing challenges in Brazil and the policy instruments addressing those challenges. With an export-oriented economy integrated into regional and global markets, Brazil significantly contributes to freshwater problems. Currently, its federal government is facing difficult trade-offs between supporting the commercial agriculture sector and preserving water resources and biodiversity. The administration under President Bolsonaro has been questioning the importance of environmental protection against what he sees as the imperative of economic growth. Acknowledging and identifying key direct and indirect drivers of freshwater problems can be a first step towards addressing water-sharing issues in Brazil, as these can be used to implement specific interventions.

The main direct drivers are: (a) demand for commercial agriculture (e.g. coffee, soybeans, beef, and crop-based ethanol) and livestock; (b) demand for energy (e.g. hydropower); (c) demand for industry (e.g. mining) and services; and (d) demand for households. The key indirect drivers are: (a) rapid urbanization; (b) international (virtual) water trade; (c) climate change; and (d) the pursuit of economic growth.

Rapidly growing agriculture and livestock sectors particularly consume a large amount of water, leaving little for nature. An examination of sectoral water use in Brazil shows that 52% of fresh water goes to irrigation, 24% to urban supply, 9% to industry, and 8% to livestock. In terms of policy, Brazilian public policy is constantly challenged by conflicting interests between environmental conservation and economic growth. The country's water sector has undergone major development supported by international organizations such as the World Bank. No-

tably, the implementation of a legal framework at the end of the 1990s allowed for market-based instruments. Since then, Brazil has implemented various water policies, although the practical implementation of these has been affected by limited funding, poor coordination, and corruption. Although there are instruments to deal with water-sharing, these instruments have failed to be inclusive. For instance, the priority of use and human rights instruments are implicitly recognized by water and sanitation laws but are poorly implemented. The majority of informal settlements in Brazil do not have access to adequate drinking water and sanitation, with more than 34 million Brazilians lacking access to drinking water and 100 million lacking sewage services. On paper, the federal government appears to be willing to address key water-sharing issues. In reality, however, the government lacks the capacity and political will to follow through with financial and human resources for implementing the water-sharing instruments. The notion of water-sharing, therefore, remains a paper narrative and one that is not always supported by dominant powers.

Chapter 6 discusses the current drivers of water-sharing challenges in the São Francisco River Basin (SFRB) and the policy instruments addressing those challenges. The SFRB is the largest domestic transboundary basin in Brazil. Since the 1950s, the river has been part of the national hydroelectricity strategy plan, as well as the expansion of irrigation frontiers. SFRB has been facing several water-related challenges, including shortages, unequal spatial distribution (upstream is wet and downstream is dry), unequal distribution between people, increasing water withdrawals for irrigation purposes, organic pollutants, and deforestation. Downstream communities especially suffer the worst consequences. Currently, water demand from the SFRB is higher than the supply, therefore urging attention to water-sharing.

The main direct drivers are: (a) natural changes in the quantity of available water (e.g., droughts); (b) demand for commercial agriculture (e.g. crop-based ethanol) and livestock; (c) demand for energy (e.g. hydropower); and (d) demand for households. The indirect drivers are population dynamics (e.g., migration, increase in population density, and rapid and disorganized urbanization), technology (e.g., agriculture intensification), and climate change and variability. One of the main drivers of water-sharing challenges in the SFRB is the demand for commercial agriculture. Almost 78% of the total water withdrawn from the SFRB is for irrigation pur-

poses. Indirect drivers of the water-sharing challenges include population dynamics (e.g., migration, increase in population density, and rapid and disorganized urbanization), poverty, and climate change.

Several policy instruments exist to address the water-sharing problems, including adopting priority of use, irrigation systems and hydro-power plants, bulk water charges, the minimum river flows, and Crisis Chamber. The Crisis Chamber and bulk water charges, in particular, have presented positive results in the SFRB. The Crisis Chamber has improved transparency between the stakeholders and reduced the asymmetry of information. Revenues collected from bulk water charges have contributed to financing Municipal Sanitation Plans, Integrated Preventive Inspections, and various hydro-environmental projects.

The CBHSF appears willing to address key water-sharing challenges in the basin through the 2016 – 2025 São Francisco River Basin Water Resource Plan. The São Francisco River Basin Committee's call for equal sharing of interest through the "Water Pact" instrument specifically shows the potential to solve the transboundary conflicts and protect downstream users from their disadvantaged position. However, since the 2000s, when water governance was rescaled to the basin level, the Committee has not reached an agreement that suits both upstream and downstream states.

Several drivers of the water-sharing challenges have yet to be fulfilled by the proposed instruments. If the SFRB should aim towards adaptive water governance with consideration of inclusive development principles, there is an urgent need to initially address the prioritization of the economy over the environment, increasing trade liberalization, and obstacles in decision-making processes due to different rationalities, climate change, and deteriorating ecosystems.

Chapter 7 discusses the current drivers of water-sharing challenges in the state of Bahia, Pernambuco and Alagoas and the current policy instruments addressing those challenges. A comparison of the three states part of the SFRB is particularly interesting due to their commonalities and differences in water-sharing challenges, as well as asymmetrical interdependencies and upstream-downstream dynamics between the jurisdictions.

Bahia is located in the middle part of the SFRB basin, the fourth most populous Brazilian state with 15 million people and the fifth largest in territory spanning across 564,000 km². The main direct drivers of

freshwater problems in Bahia are: (a) demand for commercial agriculture (soybeans, fresh fruit, and cocoa); (b) livestock; (c) energy; (d) households; and (e) natural changes in available water quantity (droughts and floods). The key indirect drivers include rapid and disorganized urbanization, economic policy (the pursuit of economic growth), agriculture policy, and climate change (e.g., an increase in desertification). Examination of sectoral water use in Bahia shows that irrigation alone accounts for 79.6% of the water used, which is much higher than the national average; whereas urban supply accounts for 8%, livestock and industry each account for 6.7%. Bahia also has an export-oriented economy and is highly dependent on the national and international markets. The demand for commercial agriculture (almost 80% of the total water withdrawn) is causing excessive groundwater abstraction, contributing to the desertification process in some areas, shifting recharge dynamics of the groundwater, and consequently impacting the SFRB river flow and the states located in the downstream area of the river. The west part of the state is particularly overexploiting the Urucua groundwater system in expanding soya bean plantations.

The state of **Pernambuco** is located in the semi-arid region of Brazil and is highly dependent on the intermittent tributaries of the SFRB. Pernambuco is one of the driest states in Brazil and a large segment of its population, directly and indirectly, depends on the SFRB and its variety of services. It is highly politicized, with long-established oligarchies coexisting alongside strong populist traditions and active civil society. The federal university there serves as a centre for intellectual and scientific knowledge, hosting several autonomous research institutes and some of the well-established social-development NGOs in Brazil. The main direct drivers of freshwater problems in Pernambuco are: (a) demands for commercial agriculture (i.e., sugar-cane plantations); (b) households; (c) industry; and (d) natural changes in available water quantity (droughts and floods). Key indirect drivers are rapid urbanization and climate change. Examination of sectoral water use in Pernambuco shows that irrigation alone accounts for 48% of the water used; whereas urban supply accounts for 25.6%, 18.1 for industries, livestock 3.6% and thermoelectric 3.2%.

Alagoas is the second smallest state in Brazil, located downstream of the SFRB. This is considered a critical water-stressed state, facing many water-related problems such as shortages and unequal water distribu-

tion among its populations. Key direct drivers of the problems in Alagoas are: (a) commercial agriculture (sugarcane); (b) industries; (c) households; and (d) natural changes in available water quantity (droughts). At the same time, the key indirect drivers are: (a) rapid and disorganized urbanization; (b) migration from rural to urban areas; (c) poverty (e.g., low educational levels and political awareness of rights); (d) climate change; and (e) upstream pollution. Examining sectoral water use in Alagoas shows that 43% of water is used for irrigation, 23.6% for urban supply, 25.6% for industries, and 5.7% for livestock.

In all states, water demand is higher than there is supply, and there is a clear asymmetrical relationship in water-sharing between users and humans and nature. For instance, in Bahia, surface and groundwater are not distributed equally, and the state is highly vulnerable to desertification and drought.

One of the main drivers of water-sharing challenges in all states is the demand for commercial agriculture, in the case of Bahia, it accounts for almost 80% of total water withdrawal. A significant increase in withdrawal, almost exclusively for agriculture, has occurred in the last decades. This has resulted in excessive groundwater abstraction, deforestation, desertification, and shifting recharge, negatively impacting the SFRB river flow and states located downstream of the river. The rapid urbanization and changes in global climate are also indirectly driving water-sharing challenges in Pernambuco as they put immense pressure on existing water resources (e.g., uncontrolled drilling has resulted in overexploitation of the aquifers).

Historically, Bahia has been controlled by old oligarchies and now by expanding manufacturing and petrochemical sectors. Like the national level, the state has transitioned from an agrarian and export-oriented economy into an economy increasingly influenced by neoliberal capitalist ideals. These power dynamics have been embedded in the state's water sector over time, exacerbating inequality and environmental degradation.

The water-sharing policy instruments such as priority of use and minimum flow have been poorly designed, while water use permits and protected areas have been poorly implemented in all states. Assessments of the instruments have shown that most have been unable to address the main drivers of water-sharing problems, namely commercial agriculture and climate change. The states have been focused on pursuing immediate economic growth over environmental sustainability.

Furthermore, there is a lack of political will in Bahia to sign the Water Pact Agreement, which focuses on water-sharing instruments between states. The state's governors, who are strongly pressured by interests in agribusiness exportation, have argued that the Agreement would limit the state's economic growth. Hence, the concept of water-sharing remains a paper narrative in which water-sharing, particularly between states and nature, is disregarded by dominating powers. Alagoas is in a precarious position with very little power vis a vis states like Minas Gerais, Bahia, and Pernambuco, which are located upstream of the SFRB. Despite designing valuable policies and instruments for its water sector, the state faces challenges in economic planning due to unstable river flow and strong political resistance. Implementation of the sharing instruments in the state is particularly hindered by limited funding, lack of continuity in government policies, and poor coordination. The state water management entity also lacks the basic managerial, technological, and financial capacity to enforce instruments. Hence, the most important drivers needed to be mitigated to achieve inclusive development (climate change, growing inequalities, and deterioration of ecosystems) remain unaddressed.

In **conclusion**, as the water-sharing conflicts have been increasing, the importance of discussing water governance has also increased in the Anthropocene. Due to the current circumstances, water governance requires two main elements: **adaptiveness** and **inclusiveness**. The adaptiveness as it encourages rethinking key assumptions and coordinating water resources systems on account of the complexity and uncertainty associated with climate variability and change in the Anthropocene. Adaptiveness also means recognizing the interdependencies and feedback loops between systems and across scales. Even though the fairness component is present in adaptive water governance, it is also true that it is not a predominant concept. Therefore, it is fundamental to add the inclusiveness element, which has three components such as social, ecological and relational inclusiveness. Adopting these two elements enables an equitable and sustainable water-sharing of water resources among all actors, including the poor, marginalized and nature. Therefore, equitable water-sharing is becoming increasingly important in the Anthropocene because it is the only way to address water-sharing challenges between levels, states, uses, users, humans and nature, and water-related risks.

Reflecting on the empirical chapters, this thesis offers a historical perspective on water governance in Brazil to understand today's water-sharing policy instruments in relation to inclusive development. It is possible to notice some elements of an inclusive and adaptive water governance phase emerging in the SFRB (e.g., the creation of the São Francisco River Basin Committee and Crisis Chamber). Unfortunately, it is not strong enough to counter the dominating neoliberal mindset that has reinforced high water demands in the energy and commercial agriculture sectors. In order for the SFRB to reach the "reopened" phase, water governance must prioritize sustainable inclusive, and adaptive development actions. Priority actions include a) use of the Crisis Chamber, a management water policy instrument implemented and coordinated by ANA, b) explicit reservation of water for the environment; and c) shared decision-making processes (e.g., the São Francisco River Basin Committee) to facilitate participation, negotiation, and transparency. These actions of decentralization will need to be improved and implemented if the water problems of Brazil are to be addressed.

Reflecting on the theory, this research develops a theoretical framework by constructing a model of inclusive adaptive water governance based on how water paradigms have unfolded over time and addressed issues regarding water-sharing. This focuses on equitable water-sharing and how it is becoming increasingly needed in the Anthropocene. It is important to highlight that governments begin to explicitly reserve water for the environment. Currently, ecosystem services and water-sharing between nature and humans are insufficiently considered during the development and planning processes of water management in most countries. Therefore, this is the case in Brazil which has been not reserving enough water to maintain freshwater ecosystems.

The model identifies four phases of river basin development: (1) meeting supply needs (*open phase of the river*, normally the natural phase of the basin when there are no challenges or limitations to its development and water-sharing is not urgent); (2) increase in demand (*closing phase of the river*, there is little or no margin for further development in another area without reducing demand in another area or augmenting existing supply; water demand is greater than supply and water-sharing is urgent); (3) crisis (*closed phase of the river*, the use of available water resources is reaching maximum capacity; supply is almost equal to demand and water-sharing then becomes important); and (4) humans

in balance with nature (*re-opening phase* refers to the opening of the system and both supply and demand are governed; water-sharing is governed considering the redistribution of water resources and ensures water-sharing between levels, states, uses, users, humans and nature, and water-related risks).

The model was applied in the case of the SFRB to show the general evolution of the basin towards closure. It synthesizes three different phases and shows how the river flow has been changing over time. Currently, the SFRB is in the crisis phase where water demand is higher than there is the supply of the resource. It must be emphasized that the phases are not mutually restrictive and can overlap. Generally speaking, the proposed model can be applied globally. First, supply increases higher than demand, then vice versa. Hence, countries try to coop to satisfy the demand.

This framework was then translated into recommendations for policies toward the SDGs, including suggestions for new indicators and mechanisms of implementation. The recommendations are to adopt the following instruments in related SDG targets: (i) priority of use at all levels of water governance in Target 6.1; (ii) human rights to water within the protection of political, economic and social rights in Target 6.2; (iii) water use permits to improve efficiency, as well as technical and financial performance, taking into account actors' priorities in Target 6.3; (iv) ecological flow and protected areas in Target 6.3 and/or 6.6 in order to improve environmental inclusiveness and life-cycle sustainability; (v) water charges in Target 6.4 in order to increase social equity and financial sustainability, also taking into account actors' priorities; and (vi) Articles 5 and 6 of the UNWC on equitable and reasonable water use in Target 6.5 in order to improve water cooperation between different levels.

SAMENVATTING

De exploitatie van oppervlakte- en grondwater is sinds 1970 aanzienlijk toegenomen. Jaarlijks wordt ongeveer 3.800 km³ zoet water onttrokken aan meren, rivieren en watervoerende lagen, wat twee keer zoveel is als in het midden van de twintigste eeuw. Veel stroomgebieden raken "gesloten" (d.w.z. dat er geen water meer kan worden onttrokken). Dit heeft geleid tot verhoogde concentraties van verontreinigende stoffen, naast andere water gerelateerde, ecologische problemen. De frequentie en de ernst van overstromingen en droogtes zijn toegenomen, en gletsjers smelten snel, wat directe en indirecte gevolgen heeft voor de mens en de gezondheid van het ecosysteem. De toenemende druk op de watervoorraden en de toenemende concurrentie om toegang tot water en het gebruik ervan zijn uitvoerig gedocumenteerd. Deze concurrentie om deze schaarse hulpbronnen vraagt om een herziening van de fundamentele ideeën over de verdeling van water onder de actoren en dus om de uitdaging van het delen van water aan te gaan.

De toenemende uitdagingen op het gebied van waterverdeling zijn het gevolg van directe factoren, zoals de vraag naar landbouw, veeteelt, industrie en diensten, energie en de watervraag van huishoudens. Indirecte (mondiale) drijvende krachten zijn onder meer het streven naar een hoger binnenlands bruto product (BBP), bevolkingsgroei, snelle verstedelijking en klimaatverandering. Omdat deze directe en indirecte drijvende krachten steeds grotere waterproblemen veroorzaken, komt het vraagstuk van de verdeling van water steeds prominenter op de beleidsagenda's van veel landen. Met name federale systemen met meerdere jurisdicties en verdeelde verantwoordelijkheden tussen actoren op verschillende bestuursniveaus worden geconfronteerd met belangrijke uitdagingen bij de ontwikkeling van een samenhangende water governance.

In ontwikkelingslanden worden beleidsmakers geconfronteerd met verschillende problemen bij het aanpakken van de toegenomen druk op het water. Nationale regeringen willen de voorwaarden scheppen voor economische ontwikkeling. Zij willen investeren in projecten voor de benutting van rivierwater, zoals waterkrachtinfrastructuur en irrigatiesystemen, en tegelijkertijd duurzame en inclusieve ontwikkeling bevorderen, zoals vereist door de Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDG's) die zijn aangenomen door de lidstaten van de Verenigde Naties. Ontwikkeling zoals traditioneel geformuleerd vereist grootschalig waterverbruik,

terwijl watervoorraden beperkt zijn. Dit plaatst ontwikkelingslanden en opkomende economieën voor een dilemma. Dit betekent dat staten hun opvatting over ontwikkeling moeten herzien en prioriteit moeten geven aan het voorzien in de behoeften van de armen en de natuur, en ervoor moeten zorgen dat ontwikkeling plaatsvindt binnen het beschikbare waterbudget. Dit impliceert ook dat er behoefte is aan een billijke verdeling van het water, omdat anders het risico bestaat dat de lokale en de mondiale watercrisis nog verergeren.

De literatuur over water governance bestrijkt waterdiensten, waterbeheer, en waterrechtvaardigheid. Er wordt ook veel onderzoek gedaan naar specifieke instrumenten, hoewel er weinig aandacht wordt besteed aan de relatie tussen zich ontwikkelende paradigma's en instrumenten die expliciet betrekking hebben op het (ver)delen van water. In deze dissertatie worden zijn drie lacunes in de kennisontwikkeling geïdentificeerd: ten eerste is er een ontoereikende verkenning van waarom het delen van water een belangrijke en onvermijdelijke noodzaak wordt in het Antropoceen. Ten tweede, de bestaande literatuur richt zich nauwelijks op een uitgebreide bespreking van instrumenten die te maken hebben met het delen van water, en er is dus behoefte om te begrijpen hoe instrumenten voor het delen van water kunnen worden geïdentificeerd, geclusterd en geanalyseerd, en hoe andere bestaande instrumenten van invloed zijn op rechtvaardigheid (billijkheid). Ten derde: er is aanzienlijke literatuur over de verschillende paradigmatische benaderingen in water governance. Dit proefschrift gaat in op de relatie tussen drie zich ontwikkelende paradigma's (bijv. het hydraulisch paradigma, integraal waterbeheer (IWRM), adaptieve water governance, zie 3.2) en de manier waarop water governance overgaat van de ene fase naar de andere (bijv. van wanneer het aanbod groter is dan de vraag naar wanneer de vraag groter is dan het aanbod, zie 3.3). Zijn de huidige beschrijvingen van de fase die we zouden willen bereiken echter adequaat? Dit wordt in de literatuur onvoldoende onderzocht.

Deze dissertatie richt zich dus op de overkoepelende onderzoeksvraag: Wat is de rol van het delen van water in het Antropoceen, en wat impliceert dit voor het ontwerp van beleidsinstrumenten en de fasen van water governance? Deze vraag heeft de volgende subvragen: Waarom wordt rechtvaardige verdeling van water steeds belangrijker in het Antropoceen? Hoe kan de verdeling van water worden aangepakt in de context van landen? Welke lessen kunnen worden getrokken uit eerdere

water governance paradigma's en studies over de fasen van water governance om een meer omvattend paradigma te ontwikkelen dat prioriteit geeft aan geschikte waterverdelings instrumenten die inclusieve ontwikkeling beter bevorderen?

Hoofdstuk 2 presenteert de onderzoeksmethodologie die bestaat uit een literatuurstudie, een casestudy-benadering waarbij kwalitatieve inhoudsanalyse van beleid wordt gecombineerd met het verzamelen van primaire gegevens, en een conceptueel kader dat is gebaseerd op het institutionele analysemodel van de *Institutional Dimensions of Global Environmental Change* (IDGEC). Ten eerste heb ik bij het beantwoorden van de onderzoeksvragen een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de volgende governance paradigma's: inclusieve en duurzame ontwikkeling (en daarom richt deze dissertatie zich op hoe inclusieve en duurzame ontwikkeling kan worden bevorderd), governance op meerdere bestuursniveaus (en daarom richt deze dissertatie zich op bestuur op nationaal, stroomgebied- en deelstaatsniveau), en institutionele analyse (en daarom richt deze dissertatie zich op hoe instrumenten voor waterverdeling kunnen worden verbeterd gezien de contextuele uitdagingen). Ten tweede heb ik gekozen voor een casestudy op meerdere niveaus om de complexe dynamiek van water governance (of bestuur) in de context van Brazilië als federaal land te onderzoeken.

Ik heb Brazilië gekozen omdat: (a) het geclassificeerd is als een ontwikkelingsland en vaak een opkomende BRIICS (Brazilië, Rusland, India, Indonesië, China en Zuid-Afrika) economie wordt genoemd; (b) het het vijfde grootste land ter wereld is qua oppervlakte (8,5 miljoen km², na Rusland, Canada, China en de Verenigde Staten) en bevolking (201 miljoen inwoners, na China, India, de Verenigde Staten en Indonesië); en c) het heeft een van de grootste hoeveelheden hernieuwbare watervoorraden, die noch geografisch, noch demografisch gelijkmatig verdeeld zijn, waardoor de ontwikkeling van een samenhangend waterbeheer in de context van een federale staat nog een grotere uitdaging wordt.

Binnen Brazilië heb ik van de 12 grensoverschrijdende stroomgebieden het stroomgebied van de São Francisco-rivier stroomgebied (SFRB) gekozen om drie redenen. Ten eerste heeft het SFRB voortdurend te kampen met problemen met de waterkwantiteit (bijv. droogte). Ten tweede zijn er diverse problemen met de ontwikkeling van een samenhangend bestuur van het stroomgebied, aangezien het meer dan vijf deelstaten doorkruist. Ten derde ligt de helft van het stroomgebied in de

droogste regio van Brazilië, die ook één van de dichtstbevolkte semi-ariëde gebieden ter wereld is, waar meer dan een miljoen mensen wonen.

Binnen het SFRB heb ik de deelstaten Bahia, Pernambuco en Alagoas uitgekozen om inzicht te krijgen in de uitdagingen op het gebied van waterverdeling tussen jurisdicties, asymmetrische onderlinge afhankelijkheden en conflicten tussen bovenstrooms en benedenstrooms. De drie staten maken deel uit van hetzelfde hydrologische systeem, met fysieke waterverbindingen, en bevinden zich in dezelfde historische conjunctuur, waarbij hun steden met elkaar verbonden zijn door interventieprogramma's, beleid, wetgeving en cultuur. De staat Bahia bevindt zich in het hoge middengedeelte van het SFRB en is de grootste verbruiker van water in het bekken. Pernambuco is sterk afhankelijk van de intermitterende zijrivieren van de SFRB, en heeft een geavanceerd risicobeheersplan ten uitvoer gebracht. Alagoas ligt stroomafwaarts in de SFRB en heeft te kampen met milieuschade, waaronder de indringing van zout water in de drinkwatervoorraden als gevolg van de ontwikkeling stroomopwaarts.

Het conceptuele kader van het proefschrift bestaat uit vijf analyse-eenheden: (1) problemen met waterkwantiteit; (2) directe en indirecte oorzaken van waterproblemen en contextuele kwesties; (3) bestuurlijke dynamiek op nationaal, stroomgebied- en deelstaatniveau; (4) waterparadigma's; en (5) categorieën van instrumenten voor waterverdeling (d.w.z. (a) verantwoordelijkheid tussen het centrum (nationaal niveau) en de deelstaten, specifiek voor federale staten; (b) het verdelen van water tussen de deelstaten, specifiek voor federale staten; (c) het verdelen van water tussen gebruiksdoeleinden; (d) het verdelen van water tussen gebruikers; (e) water tussen mens en natuur; en (f) het verdelen van water gerelateerde risico's en daarmee samenhangende verantwoordelijkheden in gevallen als droogte, overstromingen en extreme weersomstandigheden). De veldwerkbenadering die ook in hoofdstuk 2 wordt gepresenteerd, omvatte document- en archiefanalyses en semigestructureerde interviews met ongeveer 100 belangrijke wateractoren.

In **hoofdstuk 3** wordt nader ingegaan op de wijze waarop de waterparadigma's zich in de loop der tijd hebben ontwikkeld en op kwesties in verband met de verdeling van water. In de bestaande literatuur worden hoofdzakelijk drie waterparadigma's besproken die de afgelopen honderd jaar het wereldwijde discours hebben gedomineerd: (1) het hydraulisch paradigma (waterbouwkunde); (2) integraal waterbeheer (IWRM); en (3) adaptieve water governance. Deze paradigma's zijn

verschillend in hun doelstellingen, maar zij hebben op elkaar voortgebouwd en overlappen elkaar derhalve in verschillende fasen van de evolutie van de water governance.

Ten eerste heeft het waterbouwkundige paradigma zich aan het eind van de negentiende en in de loop van de twintigste eeuw parallel met de technologische en infrastructurele ontwikkelingen in het waterbeheer ontwikkeld. De waterbouwkunde is vooral gericht op het gebruik van technologie en infrastructuur om waterstromen te beheersen en te sturen om in menselijke behoeften te voorzien - een benadering die ook vandaag nog invloedrijk is. Aangezien technologie en infrastructuur vaak grootschalige, dure ingrepen zijn, is het bestuur ervan over het algemeen gecentraliseerd en hiërarchisch, met beperkte participatie van belanghebbenden. In de begindagen werd bij deze bestuurlijke benadering niet noodzakelijkerwijs prioriteit gegeven aan kostendekkendheid of rechtvaardigheidskwesties.

Het tweede paradigma, integraal waterbeheer (IWRM), onderkent de zwakke punten van het waterbouwkundige paradigma en onderkent tevens dat de watervoorraden beperkt zijn. IWRM impliceert een integratieve governance die een gedecentraliseerde aanpak en participatie van de belanghebbenden mogelijk maakt. Het is gericht op water en behandelt water als een economisch goed, vaak in termen van kostendekkendheid.

Het derde paradigma, adaptief waterbeheer, erkent: a) dat er grote onzekerheden zijn in de waterstromen, deels als gevolg van de klimaatvariabiliteit; b) de noodzaak om risico's te beheren; en c) dat er geen gemakkelijke antwoorden zijn voor het oplossen van watervraagstukken. Het kijkt niet alleen naar risico's binnen watersystemen, maar ook binnen de instellingen die de hulpbron beheren, rekening houdend met het feit dat verschillende epistemologieën verschillende definities van risico's hanteren, en moedigt derhalve meervoudig denken en beleidsexperimenten en het belang van leren aan. Dit paradigma moedigt een benadering aan die meerdere doelen dient en meerdere actoren omvat, en die institutionele en sociale netwerken, alsmede menselijke en milieu-interacties met elkaar verbindt. Hierin is water governance polycentrisch en horizontaal, met een brede participatie van belanghebbenden die bijdraagt aan een diversiteit aan oplossingen en een adaptief waterbeheer. Het stelt dat overtuiging beter is dan efficiëntie bij het omgaan met onzekere gebeurtenissen.

Wat de verdeling van water betreft, is het waterbouwkundig paradigma gericht op drie sectoren: energie, landbouw en menselijke consumptie. Het organiseert de verdeling van water tussen gebruikers door middel van de engineering van bijvoorbeeld waterkracht- en irrigatiesystemen. De toewijzing van water wordt vervolgens geconcentreerd in de instellingen die de engineeringfaciliteiten reguleren. IWRM richt zich ook op de verdeling van water door sectorale gebruikers. IWRM baseert zich hierbij op het stroomgebied als de natuurlijke beheerseenheid, en zet mechanismen in zoals waterprijsstelling, kruissubsidiëring (middels bijvoorbeeld de watertarieven), overlegorganen en het beprijzen van ecosysteemdiensten. De controle over de toewijzing van water is diffuus en niet geconcentreerd in één instantie. De toenemende nadruk op kostendekkendheid speelt een rol bij de vraag wie er toegang heeft tot water. Adaptieve water governance heeft betrekking op de verdeling van water voor sectoraal gebruik, rekening houdend met onzekerheden en beheersrisico's. Het organiseert de verdeling van water via overlegorganen, waarover de controle wordt gespreid.

In **hoofdstuk 4** wordt de wetenschappelijke literatuur over water governance geëvalueerd, waarbij de nadruk ligt op de beleidsinstrumenten voor het delen van water. Het hoofdstuk laat zien hoe deze instrumenten kunnen worden geclusterd in zes categorieën van waterverdeling:

- Verdeling van verantwoordelijkheid tussen bestuurlijke niveaus: Deze categorie wordt geïllustreerd door hoe formele en informele macht wordt verdeeld in unitaire versus federale systemen. In unitaire systemen wordt de controle over het water op centraal niveau uitgeoefend; terwijl in federale systemen de controle over het water op nationaal en/of deelstaatsniveau wordt uitgeoefend, behalve wanneer het gaat om een grensoverschrijdend watersysteem dat twee of meer landen of deelstaten omvat - waar het centrum vaak de exclusieve, respectievelijk gedeelde jurisdictie heeft. Deze bevoegdheden hebben betrekking op het beheer van de kwantiteit en de kwaliteit van het water, alsmede op de vermindering van de risico's die met water verband houden.
- Verdeling van water tussen provincies/deelstaten en het nationaal niveau: In veel landen zijn er richtlijnen voor de manier waarop water kan worden gedeeld tussen naties en staten. Verdere inspiratie kan worden geput uit het Verdrag van de Verenigde Naties inzake

waterlopen van 1997, waarin indicatoren voor het delen van water worden gespecificeerd. Veel landen richten ook gezamenlijke organisaties op of sluiten overeenkomsten tussen naties en staten om deze kwestie aan te pakken.

- Verdeling van water tussen gebruiksfuncties: Deze categorie heeft betrekking op de instrumenten van prioritair gebruik (priority of use) en het recht van de mens op water. Het instrument van de prioritair gebruik stelt de staat in staat te beslissen welke vormen van gebruik voorrang hebben op andere en wordt al minstens 1500 jaar gebruikt. Het mensenrecht op water en sanitaire voorzieningen prioriteert de menselijke behoeften
- Verdeling van water tussen gebruikers: Deze categorie heeft betrekking op de instrumenten: watervergunningen, waterprijsstelling, grondeigendom en infrastructuur. Watervergunningen verdelen het water over de verschillende gebruikers. Bij waterprijsstelling wordt water toegewezen op basis van het vermogen van de gebruikers om te betalen. Deze instrumenten omvatten vaak een hybride combinatie van juridische en economische aspecten en kunnen een directe impact hebben. De waterinfrastructuur verdeelt het water over de gebruikers, afhankelijk van hoe de infrastructuur is georganiseerd.
- Het delen van water tussen mens en natuur: Deze categorie heeft betrekking op de instrumenten van een minimaal ecologisch debiet enerzijds en beschermde natuurgebieden anderzijds. Minimaal ecologisch debiet zorgt ervoor dat de waterafvoer de scheepvaart mogelijk maakt en wordt steeds meer gebruikt om er ook voor te zorgen dat zoetwaterecosystemen voldoende water hebben om gezond te blijven. Beschermde natuurgebieden, zoals wetlands in het kader van de Ramsar Wetlands-Conventie van de Verenigde Naties van 1971, is een andere manier om water te delen tussen mens en natuur.
- Verdeling van water gerelateerde risico's: deze categorie heeft betrekking op de instrumenten klimaatbestendigheid, risicovermindering van rampen en droogtebeheer. Klimaatbestendigheid vereist dat waterleidingbedrijven rekening houden met de gevolgen van klimaatverandering. Risicovermindering van rampen is gericht

op aanpassingsmaatregelen om rampenrisico's te verminderen. Droogtebeheer omvat een grote verscheidenheid van instrumenten.

Uit de analyse blijkt dat verscheidene instrumenten directe effecten kunnen hebben op en verbeteringen kunnen opleveren voor de water governance. Dit betreft instrumenten zoals watervergunningen, rampenrisicovermindering, droogtebeheer en klimaatbestendigheid. Omgekeerd kunnen verscheidene nadelen van bepaalde instrumenten het succes in gevaar brengen. Zo vergen overeenkomsten tussen staten, prioritair gebruik en gemeenschappelijke organisaties aanzienlijke toezeggingen en de bereidheid tot samenwerking tussen alle betrokken partijen. Unitaire systemen zijn vaak niet goed afgestemd op politieke en culturele verschillen op het lokale en regionale niveau; en watervergunningen vergen aanzienlijke kennis van het waterbudget en deskundigheid, anders kunnen de vergunningen als ondoeltreffend of onrechtvaardig worden beschouwd.

Hoofdstuk 5 bespreekt de huidige drijvende krachten achter de uitdagingen op het gebied van waterverdeling in Brazilië en de beleidsinstrumenten om die uitdagingen aan te pakken. Met een exportgerichte economie die geïntegreerd is in regionale en mondiale markten, draagt Brazilië in belangrijke mate bij aan de zoetwaterproblemen. Momenteel staat de Braziliaanse federale regering voor moeilijke afwegingen tussen het ondersteunen van de commerciële landbouwsector en het behoud van watervoorraden en biodiversiteit. De regering onder leiding van president Bolsonaro heeft het belang van milieubescherming gesteld tegenover wat hij ziet als de dwingende noodzaak van economische groei. Het onderkennen en identificeren van de belangrijkste directe en indirecte oorzaken van zoetwaterproblemen kan een eerste stap zijn in de aanpak van de waterproblematiek in Brazilië, aangezien deze kunnen worden gebruikt om specifieke interventies uit te voeren.

De belangrijkste directe oorzaken zijn: (a) de vraag naar commerciële landbouw (bijv. koffie, sojabonen, rundvlees en ethanol op basis van gewassen) en veeteelt; (b) de vraag naar energie (bijv. waterkracht); (c) de vraag naar industrie (bijv. mijnbouw) en diensten; en (d) de vraag watervraag van huishoudens. De belangrijkste indirecte drijvende krachten zijn: (a) snelle verstedelijking; (b) internationale (virtuele) waterhandel; (c) klimaatverandering; en (d) het nastreven van economische groei.

Voorals de snel groeiende landbouw en veeteeltsector verbruiken veel water, waardoor er weinig overblijft voor de natuur. Uit een onderzoek van

het sectorale watergebruik in Brazilië blijkt dat 52% van het zoet water naar irrigatie gaat, 24% naar de stedelijke watervoorziening, 9% naar de industrie en 8% naar de veeteelt. Wat het beleid betreft, wordt het Braziliaanse overheidsbeleid voortdurend op de proef gesteld door conflicterende belangen tussen milieubehoud en economische groei. De watersector van het land heeft een belangrijke ontwikkeling doorgemaakt, gesteund door internationale organisaties zoals de Wereldbank. Met name de invoering van een wettelijk kader aan het einde van de jaren negentig van de vorige eeuw maakte marktgerichte instrumenten mogelijk. Sindsdien heeft Brazilië diverse beleidsmaatregelen op het gebied van water geïmplementeerd, hoewel de praktische uitvoering daarvan te lijden heeft gehad onder beperkte financiering, slechte coördinatie en corruptie. Hoewel er instrumenten zijn om de verdeling van water aan te pakken, zijn deze instrumenten niet inclusief gebleken. Zo worden de instrumenten inzake prioritair gebruik en mensenrechten impliciet erkend in de wetgeving inzake water en sanitaire voorzieningen, maar worden zij slecht toegepast. De meerderheid van de informele nederzettingen in Brazilië heeft geen toegang tot adequaat drinkwater en sanitaire voorzieningen: meer dan 34 miljoen Brazilianen hebben geen toegang tot drinkwater en 100 miljoen hebben geen sanitaire voorzieningen. Op papier lijkt de federale regering bereid om de belangrijkste problemen op het gebied van waterverdeling aan te pakken. In werkelijkheid ontbreekt het de regering echter aan de capaciteit en de politieke wil om financiële en personele middelen vrij te maken voor de tenuitvoerlegging van de instrumenten voor waterverdeling. Het idee van waterverdeling blijft dus een papieren verhaal dat niet altijd wordt gesteund door de dominante machten.

Hoofdstuk 6 bespreekt de huidige drijvende krachten achter de uitdagingen op het gebied van waterverdeling in het stroomgebied van de São Francisco-rivier (SFRB) en de beleidsinstrumenten waarmee deze uitdagingen worden aangepakt. Het SFRB is het grootste binnenlandse grensoverschrijdende stroomgebied in Brazilië. Sinds de jaren vijftig maakt de rivier deel uit van het nationale strategisch plan voor hydro-elektriciteit en van de uitbreiding van geïrrigeerd landbouwareaal. Het SFRB wordt geconfronteerd met verschillende water gerelateerde uitdagingen, waaronder tekorten, ongelijke ruimtelijke verdeling (stroomopwaarts is nat en stroomafwaarts is droog), ongelijke verdeling tussen mensen, toenemende wateronttrekkingen voor irrigatiedoeleinden, organische verontreinigende stoffen en ontbossing. De stroomaf-

waarts gelegen gemeenschappen ondervinden hiervan de ergste gevolgen. Momenteel is de vraag naar water van het SFRB groter dan het aanbod, zodat aandacht voor waterverdeling dringend noodzakelijk is.

De belangrijkste directe oorzaken zijn: (a) natuurlijke veranderingen in de hoeveelheid beschikbaar water (bijv. droogtes); (b) de vraag naar commerciële landbouw (bijv. ethanol op basis van gewassen) en veeteelt; (c) de vraag naar energie (bijv. waterkracht); en (d) de watervraag van huishoudens. De indirecte drijvende krachten zijn de bevolkingsdynamiek (b.v. migratie, toename van de bevolkingsdichtheid en snelle en ongeorganiseerde verstedelijking), technologie (b.v. intensivering van de landbouw) en klimaatverandering en -variabiliteit. Een van de belangrijkste oorzaken van de problemen met de waterverdeling in het SFRB is de watervraag van de commerciële landbouw. Bijna 78% van het totale water dat aan het SFRB wordt onttrokken, is voor irrigatiedoeleinden. Sinds de jaren 1950 maakt het SFRB deel uit van de nationale ontwikkelingsstrategie om de landbouwgebieden uit te breiden en elektriciteit te produceren (hydro-elektriciteit). Indirecte oorzaken van de uitdagingen op het gebied van waterverdeling zijn de bevolkingsdynamiek (bijv. migratie, toename van de bevolkingsdichtheid en snelle en ongeorganiseerde verstedelijking), armoede en klimaatverandering.

Er bestaan verschillende beleidsinstrumenten om de waterverdelingsproblemen aan te pakken, waaronder de vaststelling van prioritair gebruik, irrigatiesystemen en waterkrachtcentrales, bulkwaterheffingen, de minimale rivierafvoeren (debieten), en het Crisiskabinet. Met name het Crisiskabinet en de heffingen voor bulkwater hebben positieve resultaten opgeleverd in het SFRB. Het Crisiskabinet heeft de transparantie tussen de belanghebbenden verbeterd en de asymmetrie van de informatie verminderd. De inkomsten uit de bulkwaterheffingen hebben bijgedragen tot de financiering van de gemeentelijke sanitatie plannen, de geïntegreerde preventieve inspecties en diverse water milieuprojecten.

Het stroomgebied comité van de São Francisco River Basin (CBHSF) lijkt bereid om de belangrijkste uitdagingen op het gebied van waterverdeling in het stroomgebied aan te pakken via het waterbeheerplan 2016-2025 voor het stroomgebied van de São Francisco-rivier. De oproep van het comité om de belangen gelijk te verdelen via het instrument van het "Waterpact", biedt met name de mogelijkheid om de deelstaatsgrensoverschrijdende conflicten op te lossen en de stroomafwaartse gebruikers te beschermen tegen hun achtergestelde positie. Sinds de jaren 2000, toen

de water governance werd belegd op het niveau van het stroomgebied, heeft het comité echter geen overeenkomst bereikt die zowel de stroomopwaarts als de stroomafwaarts gelegen staten past.

De voorgestelde instrumenten hebben nog geen antwoord gegeven op de uitdagingen op het gebied van waterverdeling. Als het SFRB moet streven naar een adaptieve watergovernance met inachtneming van de beginselen van inclusieve ontwikkeling, moet in eerste instantie de prioriteit die de economie krijgt boven het milieu worden aangepakt, en de toenemende liberalisering van de handel. Daarnaast moeten de belemmeringen in de besluitvormingsprocessen als gevolg van verschillende rationaliteiten, de klimaatverandering en de achteruitgang van de ecosystemen worden weggenomen.

In **hoofdstuk 7** wordt ingegaan op de huidige oorzaken van de uitdagingen op het gebied van waterverdeling in de deelstaten Bahia, Pernambuco en Alagoas en op de huidige beleidsinstrumenten om die uitdagingen aan te pakken. Een vergelijking van deze drie staten die deel uitmaken van het SFRB is bijzonder interessant vanwege de overeenkomsten en verschillen in de uitdagingen op het gebied van waterverdeling, alsook vanwege de asymmetrische onderlinge afhankelijkheden en de stroomopwaartse stroomafwaartse dynamiek tussen de jurisdicties.

Bahia ligt in het middelste deel van het SFRB-bekken, en is de op drie na dichtstbevolkte Braziliaanse staat met 15 miljoen inwoners. Het is tevens de op vier na grootste qua grondgebied (564.000 km²). De belangrijkste directe oorzaken van de zoetwaterproblemen in Bahia zijn (a) de vraag naar commerciële landbouw (sojabonen, vers fruit en cacao); (b) veeteelt; (c) energie; (d) huishoudens; en (e) natuurlijke veranderingen in de beschikbare hoeveelheid water (droogtes en overstromingen). De belangrijkste indirecte drijfveren zijn de snelle en ongeorganiseerde verstedelijking, het economisch beleid (streven naar economische groei), het landbouwbeleid en de klimaatverandering (b.v. toename van de woestijnvorming). Onderzoek naar het waterverbruik per sector in Bahia toont aan dat irrigatie alleen al goed is voor 79,6% van het waterverbruik, wat veel hoger is dan het nationale gemiddelde; de stedelijke watervoorziening neemt 8% voor haar rekening en de veeteelt en de industrie elk 6,7%. Bahia heeft een exportgerichte economie en is sterk afhankelijk van de nationale en internationale markten. De vraag van de commerciële landbouw (bijna 80% van het totale onttrokken water) leidt tot overmatige grondwateronttrekking, hetgeen in sommige gebieden

bijdraagt aan het woestijnvormingsproces, de verschuiving van de dynamiek van de grondwateraanvulling en dientengevolge op de waterafvoer van de rivier. Dit heeft consequenties voor de staten die in het stroomafwaarts gelegen gebied van de rivier liggen. Met name in het westen van de deelstaat is sprake van overexploitatie van het Urucuia-grondwatersysteem door de uitbreiding van sojabonenplantages.

De staat Pernambuco is gelegen in de semi-aride regio van Brazilië en is sterk afhankelijk van de intermitterende zijrivieren van de SFRB. Pernambuco is een van de droogste staten van Brazilië en een groot deel van de bevolking is direct en indirect afhankelijk van de SFRB en de verschillende diensten die deze levert. Het is een zeer gepolitiseerde staat, waar naast de reeds lang gevestigde oligarchieën ook sterke populistische tradities en een actief maatschappelijk middenveld bestaan. De federale universiteit fungeert er als een centrum voor intellectuele en wetenschappelijke kennis en biedt onderdak aan verschillende autonome onderzoeksinstituten en enkele van de meest gevestigde NGO's op het gebied van sociale ontwikkeling in Brazilië. De belangrijkste directe oorzaken van de zoetwaterproblemen in Pernambuco zijn (a) de vraag naar commerciële landbouw (d.w.z. suikerrietplantages); (b) huishoudens; (c) industrie; en (d) natuurlijke veranderingen in de beschikbare hoeveelheid water (droogtes en overstromingen). Belangrijke indirecte factoren zijn de snelle verstedelijking en de klimaatverandering. Onderzoek naar het waterverbruik per sector in Pernambuco toont aan dat alleen al irrigatie goed is voor 48% van het waterverbruik, de stedelijke watervoorziening is goed voor 25,6%, de veeteelt voor 3,6% en de thermo-elektrische sector voor 3,2%.

Alagoas is de op één na kleinste staat van Brazilië en ligt stroomafwaarts in de SFRB. Deze staat wordt beschouwd als een staat al getroffen door kritieke water-stress, die met veel water gerelateerde problemen te kampen heeft, zoals tekorten en een ongelijke verdeling van water onder de bevolking. De belangrijkste directe oorzaken van de problemen in Alagoas zijn (a) commerciële landbouw (suikerriet); (b) industrieën; (c) huishoudens; en (d) natuurlijke veranderingen in de beschikbare hoeveelheid water (droogtes). Tegelijkertijd zijn de belangrijkste indirecte oorzaken (a) snelle en ongeorganiseerde verstedelijking; (b) migratie van het platteland naar stedelijke gebieden; (c) armoede (bijv. laag opleidingsniveau en politiek bewustzijn van rechten); (d) klimaatverandering; en (e) vervuiling stroomopwaarts. Onderzoek van het sectorale

watergebruik in Alagoas toont aan dat 43% van het water wordt gebruikt voor irrigatie, 23,6% voor de stedelijke watervoorziening, 25,6% voor de industrie en 5,7% voor de veeteelt.

In alle deelstaten is de vraag naar water groter dan het aanbod, en er is een duidelijke asymmetrische verhouding in de verdeling van water tussen gebruikers en tussen mens en natuur. In Bahia bijvoorbeeld zijn oppervlakte- en grondwater niet gelijkelijk verdeeld, en de deelstaat is zeer kwetsbaar voor woestijnvorming en droogte.

Een van de belangrijkste oorzaken van de problemen bij de verdeling van water in alle deelstaten is de watervraag van de commerciële landbouw. In het geval van Bahia is deze goed voor bijna 80% van de totale wateronttrekking. Deze onttrekking, dus bijna uitsluitend voor de landbouw, is de afgelopen decennia bovendien aanzienlijk toegenomen. Dit heeft geleid tot overexploitatie van water, ontbossing, woestijnvorming en verschuiving van de aanvulling, met negatieve gevolgen voor het debiet van de SFRB en de stroomafwaarts van de rivier gelegen staten. De snelle verstedelijking en de veranderingen in het wereldklimaat zijn ook indirecte oorzaken van de problemen in verband met de waterverdeling in Pernambuco, aangezien zij de bestaande watervoorraden onder enorme druk zetten. Zo hebben ongecontroleerde boringen geleid tot overexploitatie van de watervoerende lagen.

Bahia is van oudsher in handen van oude oligarchieën en nu van de groeiende verwerkende industrie en de petrochemische sector. Net als op nationaal niveau heeft de deelstaat de overgang gemaakt van een agrarische en exportgerichte economie naar een economie die steeds meer wordt beïnvloed door neoliberale kapitalistische idealen. Deze machtsdynamiek is in de loop der tijd in de watersector van de staat verankerd, waardoor de ongelijkheid en de aantasting van het milieu zijn verergerd.

De beleidsinstrumenten voor waterverdeling, zoals prioritair gebruik en minimum afvoer, zijn slecht ontworpen, terwijl vergunningen voor watergebruik en beschermde gebieden in alle deelstaten slecht zijn toegepast. Uit evaluaties van de instrumenten blijkt dat de meeste niet in staat zijn gebleken de belangrijkste oorzaken van de problemen in verband met waterverdeling (commerciële landbouw en klimaatverandering) aan te pakken. De deelstaten geven voorrang aan onmiddellijke economische groei ten koste van de duurzaamheid van het milieu.

Bovendien ontbreekt het in Bahia aan politieke wil om de overeenkomst inzake het waterpact te ondertekenen, het pact dat instrumenten

voor waterverdeling tussen staten bevat. De gouverneurs van de deelstaat, die sterk onder druk staan van belangen in de export van agro-industrie, hebben aangevoerd dat het waterpact de economische groei van de deelstaat zou beperken. Het idee van waterverdeling blijft dus een papieren verhaal waarin het delen van water, vooral tussen staten onderling en tussen de mens en de natuur, wordt genegeerd door de machthebbers. Alagoas bevindt zich in een precare positie met zeer weinig macht ten opzichte van staten als Minas Gerais, Bahia en Pernambuco, die stroomopwaarts van het SFRB gelegen zijn. Ondanks het feit dat de deelstaat waardevolle beleidsmaatregelen en instrumenten voor zijn watersector heeft ontwikkeld, wordt het geconfronteerd met problemen bij de economische planning als gevolg van de onstabiele afvoer van de rivieren en de sterke politieke weerstand. De tenuitvoerlegging van de instrumenten voor het verdelen van water in de deelstaat wordt met name gehinderd door beperkte financiering, gebrek aan continuïteit in het regeringsbeleid en slechte coördinatie. De instantie voor waterbeheer van de staat beschikt ook niet over de elementaire bestuurlijke, technologische en financiële capaciteit om de instrumenten effectief te implementeren. Toenemende ongelijkheid, klimaatverandering en de aantasting van ecosystemen maken een inclusieve ontwikkeling onmogelijk. Deze factoren worden door de besproken instrumenten onvoldoende aangepakt.

Samenvattend kan worden gesteld dat naarmate de conflicten over de verdeling van water toenemen, ook het belang van de discussie over water governance in het Antropoceen toeneemt. Gezien de huidige omstandigheden vereist waterbeheer twee belangrijke componenten: aanpassingsvermogen en inclusiviteit. Aanpassingsvermogen is belangrijk om twee redenen. Het zet aan tot het heroverwegen van belangrijke aannames, en tot het coördineren van waterhuishoudingssystemen. Dit is nodig vanwege de complexiteit en onzekerheid die gepaard gaan met klimaatvariabiliteit en -verandering in het Antropoceen. Aanpassingsvermogen betekent ook het herkennen van de onderlinge afhankelijkheid en de terugkoppeling tussen systemen en op verschillende schaalniveaus. In adaptief waterbestuur is de billijkheidscomponent weliswaar aanwezig, het is echter geen bepalend concept. Het is daarom van fundamenteel belang het element inclusiviteit toe te voegen aan adaptief waterbeheer. Inclusiviteit kent drie componenten: sociale, ecologische en relationele inclusiviteit. De toepassing van adaptief en inclusief waterbeheer maakt een rechtvaardige en duurzame verdeling van de wa-

tervoorraden onder alle actoren mogelijk, met inbegrip van de armen, de gemarginaliseerden en de natuur. Een rechtvaardige verdeling van water wordt steeds belangrijker in het Antropoceen, omdat het de enige manier is om de uitdagingen op het gebied van waterverdeling tussen niveaus, staten, gebruiken, gebruikers, mens en natuur, en watergerelateerde risico's aan te pakken.

Reflecterend op de empirische hoofdstukken, biedt deze dissertatie een historisch perspectief op water governance in Brazilië om de huidige beleidsinstrumenten voor waterverdeling te begrijpen in relatie tot inclusieve ontwikkeling. Het is mogelijk om enkele elementen van een inclusieve en adaptieve waterbeheerfase zich te zien ontwikkelen in de water governance in het SFRB (bijv. de oprichting van het São Francisco River Basin Committee en de Crisis Chamber). Helaas is dit niet sterk genoeg om een tegenwicht te bieden aan de overheersende neoliberale mentaliteit die de grote vraag naar water in de energie- en commerciële landbouwsectoren heeft versterkt. Wil het SFRB de fase van "heropening" bereiken, dan moet het waterbeheer prioriteit geven aan duurzame, inclusieve en adaptieve ontwikkelingsinterventies. Prioritaire acties zijn onder meer a) het gebruik van de Crisis Chamber, een beheersinstrument voor het waterbeleid dat wordt uitgevoerd en gecoördineerd door ANA, b) expliciete reservering van water voor de natuur, en c) gedeelde besluitvormingsprocessen (bijvoorbeeld het comité voor het stroomgebied van de São Francisco-rivier) om participatie, onderhandeling en transparantie te vergemakkelijken. De decentralisatiemaatregelen moeten worden verbeterd en uitgevoerd om de waterproblemen van Brazilië aan te pakken.

Gebaseerd op de theoretische analyse van hoe de verschillende water governance paradigma's zich hebben ontwikkeld, wordt in deze dissertatie een conceptueel model geconstrueerd van inclusief adaptief waterbeheer. Dit model richt zich op een rechtvaardige verdeling van water en hoe dit in het Antropoceen steeds noodzakelijker wordt. Het is belangrijk te benadrukken dat regeringen expliciet water beginnen te reserveren voor de natuur. Momenteel wordt in de meeste landen bij de ontwikkeling en planning van het waterbeheer onvoldoende rekening gehouden met ecosysteemdiensten en het delen van water tussen natuur en mens. Dit is ook het geval in Brazilië, waar onvoldoende water wordt gereserveerd om de zoetwaterecosystemen in stand te houden.

Het model onderscheidt vier fasen in de ontwikkeling van stroomgebieden: (1) voorzien in de voorzieningsbehoeften (open fase van de

rivier, normaliter de natuurlijke fase van het stroomgebied wanneer er geen uitdagingen of beperkingen zijn voor de ontwikkeling ervan en het verdelen van water niet urgent is); (2) toename van de vraag (sluitende fase van de rivier, er is weinig of geen marge voor verdere ontwikkeling in het ene gebied zonder de vraag in een ander gebied te verminderen of het bestaande aanbod te vergroten; de vraag naar water is groter dan het aanbod en het verdelen van water is urgent); (3) crisis (gesloten fase van de rivier, het gebruik van de beschikbare watervoorraden bereikt de maximale capaciteit; het aanbod is bijna gelijk aan de vraag en waterverdeling wordt dan belangrijk); en (4) mens in evenwicht met de natuur (heropeningsfase verwijst naar de opening van het systeem en zowel het aanbod als de vraag worden geregeld; waterverdeling wordt geregeld rekening houdend met een herverdeling van de watervoorraden, en neemt daarbij de waterverdeling tussen niveaus, staten, gebruiken, gebruikers, mens en natuur, en water gerelateerde risico's) in acht.

Het model werd toegepast op de casus van het SFRB om de algemene evolutie van het stroomgebied naar afsluiting te laten zien. Het model synthetiseert drie verschillende fasen en laat zien hoe de rivierafvoer in de loop van de tijd is veranderd. Momenteel bevindt het SFRB zich in de crisisfase waarin de vraag naar water groter is dan het aanbod. Benadrukt moet worden dat de fasen elkaar niet uitsluiten en elkaar kunnen overlappen. In algemene termen kan het voorgestelde model wereldwijd worden toegepast. Eerst stijgt het aanbod sneller dan de vraag, daarna omgekeerd. Vandaar dat landen proberen samen te werken om aan de vraag te voldoen.

Dit voorgestelde model is vervolgens vertaald in aanbevelingen voor beleid ten aanzien van de SDG's, met inbegrip van suggesties voor nieuwe indicatoren en uitvoeringsmechanismen. Aanbevolen wordt om de volgende instrumenten op te nemen gerelateerd aan de volgende specifieke streefdoelen van de SDGs; (i) prioritair gebruik op alle niveaus van water governance in streefdoel 6.1; (ii) het recht op water als een mensenrecht binnen de bescherming van politieke, economische en sociale rechten in streefdoel 6.2 (iii) 3; watervergunningen om zowel de efficiëntie als de technische en financiële prestaties te verbeteren in streefdoel 6.3, met inachtneming van de prioriteiten van de actoren iv) ecologische afvoer en beschermde gebieden op te nemen in streefdoel 6.3 (waterkwaliteit) en/of 6.6 (duurzame levenscycli) ten einde bij te dragen aan ecologische inclusiviteit en verduurzaming van de levenscycli; v) waterheffingen op

te nemen in streefdoel 6.4 om de sociale rechtvaardigheid en de financiële duurzaamheid te vergroten, met inachtneming van de prioriteiten van de actoren; en vi) de artikelen 5 en 6 van het VN-Verdrag inzake een rechtvaardig en redelijk gebruik van water in streefdoel 6.5 om de samenwerking op het gebied van water tussen de verschillende bestuurlijke niveaus te verbeteren.